

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Institut dopravy

**Přestavba řídicího vozu Bfhpvee na motorový vůz
nezávislé trakce pro max. rychlost 140 km/h**

**Rebuilding of Bfhpvee Steering Carriage to
Independent Traction Motor Carriage for max.
140 km/h Speed**

Student:

Bc. Petr Černohous

Vedoucí diplomové práce:

doc. Ing. Jaroslav Müller, CSc.

Ostrava 2012

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Petr Černošous**
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: 2301T003 Dopravní technika a technologie
Specializace: 10 Kolejová doprava
Téma: **Přestavba řídicího vozu Bfhpvee na motorový vůz nezávislé trakce pro max. rychlost 140 km/h**
Rebuilding of Bfhpvee Steering Carriage to Independent Traction Motor Carriage for max. 140 km/h Speed

Zásady pro vypracování:

Zpracujte studii proveditelnosti úpravy řídicího vozu Bfhpvee na motorový vůz nezávislé trakce pro max. rychlost 140 km/h. Uvedená studie bude hlavně zaměřena na návrh pohonu vozidla a na aplikaci bezpečnostních prvků plnící normu na odolnost skříní železničních vozidel proti nárazu - ČSN EN 15227+A1.

OSNOVA:

1. Popis a odůvodnění navrhovaného řešení.
2. Stanovení hlavních parametrů vozidla.
3. Popis odolnosti vozidla proti nárazu.

VÝKRESOVÁ ČÁST:

1. Dispoziční výkres vozidla
2. Sestavný výkres hnacího soustrojí a periferií
3. Sestavný výkres umístění bezpečnostních prvků splňujících normu ČSN EN 15227+A1

Seznam doporučené odborné literatury:

Podklady výrobců kolejových vozidel
Dostál, Heller. Kolejová vozidla II. Plzeň: ZČU Plzeň. 2008.
Müller, J. Mobilní prostředky II. Ostrava: VŠB-TU Ostrava. 2004

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Jaroslav Müller, CSc.**

Datum zadání: 14.12.2012

Datum odevzdání: 20.05.2013



A handwritten signature in blue ink, belonging to doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.

A handwritten signature in blue ink, belonging to doc. Ing. Aleš Slíva, Ph.D.

doc. Ing. Aleš Slíva, Ph.D.
vedoucí katedry

doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě

.....

podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на вѣдомі, же Высoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на вѣдомі, же оdevzdáním své práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě :.....

.....
podpis

Jméno a příjmení autora práce: Bc. Petr Černošous

Adresa trvalého pobytu autora práce: U Hájenky 41

Vikýřovice, 788 13

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

ČERNOHOUS, P. *Přestavba řídicího vozu Bfhpvee na motorový vůz nezávislé trakce pro max. rychlost 140 km/h : diplomová práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Institut dopravy, 2012, 66 s. Vedoucí práce: doc. Ing. Jaroslav Müller, CSc.

Diplomová práce se zabývá přestavbou řídicího vozu Bfhpvee na motorový vůz nezávislé trakce pro max. rychlost $140 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$. V úvodu je popsána koncepce současného řídicího vozu. Na základě požadavků firmy Pars nova a.s., zabudovat do vozidla spalovací motor Caterpillar C27 ACERT a trakční motory TE 051 A01 od firmy SKD, jsem vybral a zabudoval ostatní komponenty pohonného ústrojí, pomocných pohonů a dále aplikoval bezpečnostní prvky plnící normu na odolnost skříní železničních vozidel proti nárazu – ČSN EN 15 227 + A1.

ANNOTATION OF MASTER THESIS

ČERNOHOUS, P. *Rebuilding of Bfhpvee Steering Carriage to Independent Traction Motor Carriage for max 140 km/h Speed: Master Thesis*. Ostrava: VŠB - Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Institute of Transport, 2012, 66 p. Master: doc. Ing. Jaroslav Müller, CSc.

The thesis is concerned with rebuilding of master railway carriages series Bfhpvee to the Diesel-electric traction cars for the top track speed $140 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$. Preliminary conception of the current master railway carriage is depicted. According to Pars nova a.s. company demand for installation of Diesel engine series Caterpillar C27 ACERT and traction motors series TE 051 (manufactured in SKD company). I picked out and built other driving components and auxiliaries into the vehicle and then applied safety elements performing the impact resistance standard ČSN EN 15 227 + A1 for railway vehicle bodies.

OBSAH

SEZNAM POUŽITÝCH ZNAČEK A SYMBOLŮ.....	9
Úvod	11
1. Přehled, charakteristiky a koncepce pohonu motorových vozů, řídicí vůz Bfhpvee.....	12
1.1 Přehled a charakteristiky vybraných motorových vozů.....	12
1.1.1 Motorový vůz řady 843.....	12
1.1.2 Motorový vůz řady 860.....	15
1.1.3 Dielelektrické kloubové vozidlo GTW 2/6.....	17
1.2 Řídicí vůz Bfhpvee 80-30.....	19
1.3 Koncepce pohonu motorových vozů.....	25
1.3.1 Motorový vůz se strojovnou.....	26
1.3.2 Motorový vůz se spalovacím motorem pod podlahou.....	27
1.3.3 Vložený vůz s hnacím modulem.....	28
2. Přenos výkonu, popis vybraných komponent pohonného ústrojí.....	30
2.1 Elektrický přenos výkonu.....	31
2.2 Popis komponent hnacího ústrojí.....	32
2.3 Popis komponent pomocných pohonů.....	39
3. Stanovení hlavních parametrů vozidla.....	46
4. Popis odolnosti vozidla proti nárazu.....	51
4.1 Předmět normy ČSN EN 15 227+A1.....	51
4.2 Konstrukční kategorie odolnosti proti nárazu u kolejových vozidel.....	52
4.3 Konstrukční scénáře srážky.....	52
4.4 Pasivní bezpečnost konstrukce.....	53
4.4.1 Snížení nebezpečí šplhání.....	54
4.4.2 Zachování prostoru pro přežití.....	55
4.4.3 Mezní hodnota zpomalení.....	56
4.4.4 Smetadlo překážek.....	56
4.5 Ověřování odolnosti skříní vozidel proti nárazu.....	57
4.6 Aplikace bezpečnostních prvků dle normy ČSN EN 15 227+A1.....	58
Závěr.....	60
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	61
SEZNAM OBRÁZKŮ.....	63
SEZNAM TABULEK.....	65

SEZNAM PŘÍLOH.....	66
Příloha A	Dispoziční výkres vozidla
Příloha B	Sestavný výkres hnacího soustrojí a periferií
Příloha C	Sestavný výkres umístění bezpečnostních prvků splňujících normu ČSN EN 15 227 + A1

SEZNAM POUŽITÝCH ZNAČEK A SYMBOLŮ

Znak	Význam	Jednotka
2 'Bo2 '	uspořádání pojezdu jednotky se třemi podvozky, příčemž hnací je prostřední	-
AC	střídavý přenos výkonu	V
ACERT	chladicí systém spalovacího motoru	-
ADEM A4	řídící jednotka spalovacího motoru	-
Al	(Aluminium), hliník	-
ARR	automatická regulace rychlosti	-
ATAAC	dálkové vzduchové mezichlazení plnicího vzduchu	-
AVV	automatické vedení vlaku	-
Bo'Bo'	uspořádání pojezdu se dvěma podvozky, každý se dvěma hnacími nápravami	-
BPE	brzdič přímočinný elektrický	-
BSE	brzdič samočinný elektrický	-
CB	cílové brzdění	-
CRV	centrální regulátor vozidla	-
ČD	České dráhy	-
ČD V 7	technický předpis Českých drah	-
ČKD	Českomoravská Kolben Daněk	-
ČSD	Československé státní dráhy	-
ČSN EN 15227+A1	evropská norma, zabývající se požadavky na odolnost skříní železničních vozidel	-
ČSN EN 15 273-2	evropská norma, zabývající se průjezdnými průřezy tratí a obrysy vozidel	-
DC	stejnoseměrný přenos výkonu	V
EDB	elektrodynamická brzda	-
EU IIIB	emisní certifikace spalovacích motorů	-
GPS	(Global Positioning Systém), globální polohový systém	-
GSM	(Groupe Spécial Mobile), Globální Systém Mobilní komunikace	-
HC	uhlovodík	-
LS 90	mobilní část vlakového zabezpečovacího zařízení	-
MAN	ruční řízení	-
MEUI	palivový systém spalovacího motoru	-

MSV	Mezinárodní strojírenský veletrh	-
NO _x	oxid dusíku	-
OHV	(Over Head Valve), typ ventilového rozvodu pístového motoru	-
OJV	optimalizace jízdy vlaku	-
SKD	Siemens kolejová vozidla	-
SM	spalovací motor	-
T.K.	temeno kolejnice	-
TNŽ 28 5201	norma, zabývající se požadavky na kabiny strojvedoucího	-
TSI	technické specifikace interoperability	-
UIC 505-1	vyhláška, zabývající se obrysem pro vozidla	-
UIC 556	vyhláška, zabývající se přenosem informací ve vlaku	-
UIC 558	vyhláška, zabývající se dálkovým ovládáním hnacího vozidla	-
UIC 566	vyhláška, zabývající se pasivní bezpečností	-
UIC 651	vyhláška, zabývající se mezivozovými přechody	-
VÚKV	Výzkumný ústav kolejových vozidel	-
VZ	vlakový zabezpečovač	-
WC	(water closet), vodní záchod	-
WTB	(Wire Train Bus), vlaková komunikační síť	-

Úvod

V mé práci jsem se zabýval výběrem vhodných komponent pohonného ústrojí, pomocných pohonů a bezpečnostních prvků, plnících normu na odolnost skříní železničních vozidel proti nárazu - ČSN EN 15 227 + A1 pro přestavbu řídicího vozu Bfhpvee na vůz motorový.

Splnil jsem požadavky výrobce řídicích vozů, šumperskou firmu Pars nova a.s., aby jako zdroj prvotní, mechanické energie sloužil spalovací motor Caterpillar C27 ACERT a dvojkolí vozu poháněly stejnosměrné trakční motory firmy SKD TE 051 A01. K elektrickému přenosu výkonu, kdy je mechanická energie spalovacího motoru přeměňována na elektrickou pro napájení trakčních motorů, jsem využil třífázový synchronní generátor se statickým usměrňovačem.

Dále jsem instaloval komponenty pro zásobování vozu elektrickou energií, stlačeným vzduchem, ventilaci trakčních motorů a chlazení spalovacího motoru. Elektrické topení bude zásobováno z trakčního generátoru. Potřebný výkon pro motorový vůz je asi 50 kW.

Při aplikaci bezpečnostních prvků, snižujících následky srážky, jsem využil nárazníky se schopností absorpce energie, zařízení proti šplhání a robustní smetadlo překážek.

1. Přehled, charakteristiky a koncepce pohonu motorových vozů, řídicí vůz Bfhpvee 80 – 30

1.1 Přehled a charakteristiky vybraných motorových vozů

1.1.1 Motorový vůz řady 843

Vývoj a výroba

V polovině roku 1989 ČSD v rámci plánované rozsáhlé restrukturalizace parku motorových vozů zadaly vývoj nového motorového vozu s elektrickým přenosem výkonu. Uvažovaný vůz měl vycházet z řady 842. Podnik ČKD Trakce nabídl realizaci elektrovýzbroje, zatímco firma ČKD Lokomotivka projevila zájem o výrobu motorů a podvozků. VÚKV specifikoval technické podmínky vozu, pro který bylo navrženo označení 843. Pro vůz byl vybrán vynikající spalovací motor LIAZ M2-650. V roce 1992 podnik ČKD Naftové motory koupil licenci na jeho výrobu a plánoval ho pod označením ČKD 6 FZ 135 T montovat do motorových vozů 843. Kvůli silnému poklesu odbytu, spojenému s převratem v listopadu 1989, však z většího rozšíření agregátu sešlo a vůz byl osazen starším modernizovaným motorem LIAZ M 1.2 C. V roce 1994 se rozběhla výroba prototypu, který byl dokončen v roce 1995 a opatřen označením 843.001. Na MSV v Brně byl vůz oceněn zlatou medailí. Sériová výroba oproti prototypu mírně pozměněných vozů začala v roce 1996 a pokračovala do roku 1997. Zároveň byly k motorovému vozu vyráběny také přívesné vozy řady 043 a řídicí vozy řady 943. Z těchto tří vozů je možné vytvořit ucelené vratné soupravy (nikoliv jednotky).

Provoz

Vozy řady 843, resp. soupravy 843+043+943 jsou určeny pro osobní a lehkou rychlíkovou traťovou službu převážně na neelektrifikovaných hlavních i vedlejších tratích ČD. Motorové vozy působí zejména v severozápadních Čechách a na jižní Moravě.

Uspořádání

Motorový vůz 843 je půdorysně členěn na první stanoviště strojvedoucího, zavazadlový oddíl se zvedacími plošinami pro imobilní cestující, první nástupní prostor, první oddíl pro cestující, druhý nástupní prostor a druhé stanoviště strojvedoucího. Obě stanoviště strojvedoucího jsou průchozí a jsou vybavena klimatizací. Snížené nástupní prostory jsou přístupné jedno a dvoukřídlými elektropneumatickými pedsuvnými dveřmi. Oba oddíly pro cestující odpovídají II. vozové třídě. Sedačky jsou v oddílech pro cestující uspořádány podle

schématu 2+2 proti sobě. Vytápění je teplovzdušné s využitím odpadního tepla od naftových motorů. Okna v oddílech pro pasažéry jsou polos pouštěcí se zdvojenými skly. Umělé osvětlení je zářivkové. Zavazadlové police jsou příčně uspořádané. Toalety jsou přizpůsobeny osobám se sníženou pohyblivostí. Kapacita motorového vozu je 120 míst, z toho je 60 míst k stání, 59 k sezení (včetně 5 sklopných sedaček) a jedno místo pro invalidní vozík. Motorové vozy jsou často řazeny do vratných souprav ve složení 843+043+943. Celková kapacita soupravy 843+043+943 dosahuje 368 míst, tj. 196 míst k sezení a 172 k stání.

Mechanická část

Samonosné skříňové vozy jsou lehké ocelové svařované konstrukce. Skříňové jsou otočnými čepy spřaženy se dvěma bezkolébkovými dvounápravovými podvozky, které jsou buď oba trakční (843) nebo oba běžné (043, 943). Vozová skříň spočívá na pružinách sekundárního vypružení, které je tvořeno pneumatickými měchy. Primární odpružení zajišťují vinuté ocelové pružiny s paralelními kapalinovými tlumiči. Motorgenerátorové soustrojí, tvořené dvěma spalovacími motory a přírubově spojenými trakčními alternátory s individuálními usměrňovači, je zavěšeno pod podlahou motorového vozu. Spalovací motory LIAZ M 1.2 C jsou přeplňované šestiválcové s přímým vstřikem paliva, vodním chlazením a ventilovým rozvodem OHV. Nápravy pohání čtyři trakční motory s tlakovými ložisky vždy dva v každém hnacím podvozku. Jednotka je vybavena ruční brzdou, samočinnou tlakovou brzdou DAKO P, přímočinnou brzdou, elektrodynamickou brzdou, parkovací brzdou a doplňkovou brzdou. Ruční brzda působí na obě dvojkolí přilehlého podvozku. Samočinná tlaková brzda je řízena elektrickým brzdičem DAKO BSE, přímočinnou brzdou řídí elektrický brzdič DAKO BPE. Při zastavení vozidla je účinek přímočinné brzdy převeden na parkovací brzdou. Doplňková brzda je elektropneumatická brzda doplňující účinek EDB při poklesu rychlosti nebo jejím výpadku. Brzdový rozváděč je typu DAKO BV 1 Dm 5". Všechna dvojkolí jsou bržděna kotoučovou brzdou s kotouči v kolech.

Elektrická část

Trakční alternátory TA 614 WO 1 jsou střídavé třífázové stroje, napájející individuální polořízené třífázové trakční usměrňovače PA 28, z nichž jsou poté napájeny čtyři stejnosměrné trakční elektromotory TE 051 s cizím chlazením. V řízení vozu se uplatňují mikroprocesory, komunikace mezi vozy probíhá po datové sběrnici. Řízení vozidla probíhá v jednom ze dvou režimů: v manuálním režimu je strojvedoucím přímo regulován poměrný tah, v automatickém režimu je zadána požadovaná rychlost a výkon trakčního soustrojí je poté

řízen automaticky tak, aby bylo docíleno předvolené rychlosti. Elektrodynamická brzda je odporová a pracuje ve spádovém režimu. Ovládání dveří, topení a vodního systému WC je řízeno jednočipovými mikropočítači. Palubní síť o napětí 48 V je napájena baterií KPH 150 P s kapacitou 150 Ah, která je spolu s pomocnými pohony, zařízeními a osvětlením napájena usměrněným proudem vyrobeným třífázovým alternátorem. [15]

Tab. 1 – Tabulka technických údajů motorového vozu 843 [15]

Výrobce vozidel 843	MSV Studénka
Maximální rychlost	110 km/h
Trvalý výkon SM	2 x 300 kW
Maximální tažná síla	100 kN
Typ trakčních motorů	TE 051
Přenos výkonu	el. střídavě-stejnoseměrný
Zásoba paliva	900 l
Zásoba vody WC	400 l
Šířka skříně	2 850 mm
Výška	4 200 mm
Délka přes nárazníky	25 200 mm
Míst k sezení	54
Uspořádání pojezdu	Bo'Bo'
Vzdálenost otočných čepů	13 700 mm
Míst k stání	60



Obr. 1 - Motorový vůz řady 843 [15]

1.1.2 Motorový vůz řady 860

Vývoj a výroba

V roce 1968 zadalo ministerstvo dopravy vývoj nových čtyřnápravových motorových vozů kompatibilních s přívěsnými vozy řady Bam (053). Vozy byly vyvíjeny ve VÚKV. Výroby se ujala Vagonka Tatra Studénka ve spolupráci s ČKD Praha a TS Martin. Dva prototypy byly vyrobeny v roce 1974. Ministerstvo dopravy ale změnilo stanovisko, začalo preferovat hydraulický přenos výkonu, a tak nebyly plánované dodávky realizovány.

Provoz

Motorové vozy řady 860 byly navrženy pro osobní a rychlíkovou dopravu na důležitějších motorizovaných tratích, případně na trakčně náročných vedlejších tratích.

Uspořádání

Vůz řady 860 má kapacitu 70 míst k sezení, sedačky jsou uspořádány podle schématu 2+2. Půdorysně je vůz členěn na dvě průchozí koncová stanoviště strojvedoucího, zavazadlový prostor, dva nástupní prostory, z nichž jeden je s toaletou a umývárnou, a tři oddíly pro cestující. Nástupní prostory jsou přístupné elektropneumaticky ovládanými jednokřídlými přesuvnými dveřmi. Vytápění vozu je teplovodní s využitím odpadního tepla od motoru.

Mechanická část

Motorový vůz řady 860 je odvozen od řad 850 až 853. Skříň vozu je ocelová, uložená na dvou dvounápravových podvozcích. Dvojkolí jsou vedena svislými trny. Odpružení je dvoustupňové pomocí šroubových ocelových pružin. Pod podlahou je zavěšen původem francouzský spalovací motor, který v licenci vyráběly TS Martin. Jedná se o naftový přeplňovaný šestiválec Pielstick 6 PA4-H-185. Tento agregát je přírubově spojen s trakčním alternátorem, napájejícím čtyři trakční motory s tlakovými ložisky a pohánějícími nápravu ozubeným převodem. Brzdový systém vozu sestává z ruční brzdy, samočinné tlakové brzdy a přímočinné brzdy. Samočinná tlaková brzda je řízena dvěma brzdíči DAKO BS2, přímočinnou brzdou řídí dva brzdíče DAKO BP. Zdrojem stlačeného vzduchu je kompresor 3 DSK 75. Vzduchová brzda je špalíková.

Elektrická část

Trakční alternátor je stejnosměrný stroj typu TD807, trakční motory ČKD jsou také stejnosměrné, typu TE 013. [16]

Tab. 2 – Tabulka technických údajů motorového vozu 860 [16]

Výrobce	Vagonka Tatra Studénka
Trvalý výkon SM	480 [442] kW
Přenos výkonu	elektrický stejnosměrný
Otáčky max.	1 500 ot.min ⁻¹
Typ spalovacího motoru	Pielstick 6 PA4-H-185
Rozchod	1 435 mm
Průměr dvojkolí	920 mm
Služební hmotnost	56 [55.1] t
Uspořádání pojezdu	Bo'Bo'
Vzdálenost otočných čepů	17 200 mm
Rozvor podvozku	2 400 mm
Výška	4 190 mm
Délka přes nárazníky	24 500 mm
Rok výroby	1974
Maximální rychlost	100 km/h

860.001 [002]



Obr. 2 - Motorový vůz řady 860 [16]

1.1.3 Dieselelektrické kloubové vozidlo GTW 2/6

Provoz

Na tratích městské dráhy v Berlíně / Braniborsku slouží mezinárodnímu dopravci BeNEX / Arriva společně 6 kloubových kolejových vozidel GTW 2/6 v dieselelektrickém provedení.

Provozovat je začala v roce 2011 Východoněmecká železnice s.r.o.

Popis

Konstrukce vznikla za spolupráce firem Stadler Fahrzeuge Bussnang, SLM Winterthur (dnes WINPRO) a Adtranz Zürich (dnes Bombardier Transportation) v první polovině 90.let 20. století.

Základní myšlenkou bylo vytvoření krátkého samostatného hnacího (středního) modulu s vlastním pojezdem (v něm se nemohou přepravovat cestující) a samostatných vozů, které jsou na zadní straně kloubově připojeny k hnacímu modulu a na přední straně jsou nesený dvounápravovým podvozkem. Tyto čelní vozy jsou určeny pro přepravu cestujících a jsou vybaveny příslušnými oddíly (nástupní prostory, WC a pod.) jako i čelním stanovištěm strojvedoucího.

Popisované řešení přináší hned několik výhod, ze kterých tou největší je modularita (stavební koncepce) jednotek, která se odráží i v názvu GTW 2/6. Písmena GTW pochází z německého slova Gelenktriebwagen (kloubový hnací vůz), zlomek za názvem udává v čitateli počet hnacích náprav a ve jmenovateli celkový počet náprav. Další výhody jsou provozního rázu. Hnací modul má v podstatě stálou adhezní hmotnost, k agregátům existuje pohodlný přístup dvěma na bocích modulů, zdroj hluku a vibrací je oddělený od prostoru pro cestující. Nezanedbatelným přínosem je i možnost rychlé výměny poškozeného hnacího modulu za jiný.

Vlastnosti

- Příjemný, klimatizovaný prostor pro cestující a řidiče
- Vakuový systém WC, splňující TSI normy
- Lehká hliníková konstrukce čel vozů
- Trakční zařízení v centrální části
- Pohonný systém se skládá ze dvou hnacích ústrojí s dieselovým motorem, asynchronního generátoru, IGBT měniče a asynchronních trakčních motorů
- pneumatické sekundární vypružení poskytuje požadovaný klid

- Široké dvoukřídlé dveře
- Splňuje crash normy EN 15227
- Splňuje TSI normy o hluku
- Ekologický provoz
- Zaměnitelnost střední části pro účely údržby

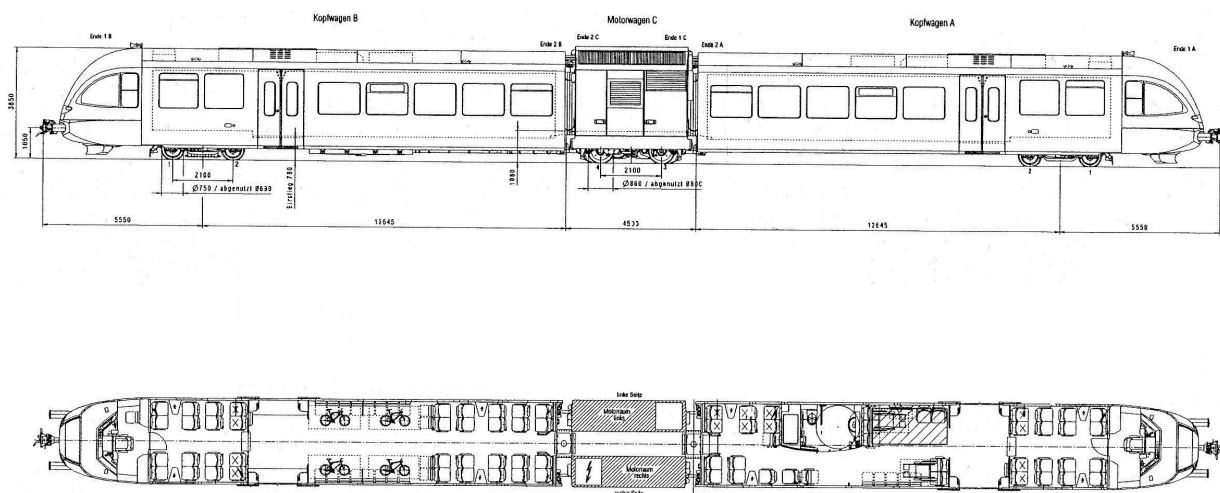
[8]

Tab. 3 – Tabulka technických údajů vozidla GTW 2/6 [8]

Zákazník	BeNEX / Arriva International
Vyrobeno	6 ks
Uvedení do provozu	2011
Rozchod	1 435 mm
Délka přes nárazníky	40 890 mm
Šířka	3 000 mm
Výška	4035 mm
Výška vstupu	780 mm
Šířka vstupu	1 300 mm
Míst k sezení	100, z toho 23 sklopných
Hmotnost	70 t
Uspořádání pojezdu	2 'Bo2 '
Rozvor	2 100 mm
Pohon	Diesel-elektrický, 2 x 382 kW
Max. tažná síla	80 kN
Maximální rychlost	140 km·h ⁻¹



Obr. 3 - Motorové vozidlo GTW 2/6 [8]



Obr. 4 - Typový výkres GTW 2/6 [8]

1.2 Řídicí vůz Bfhpvee 80 - 30

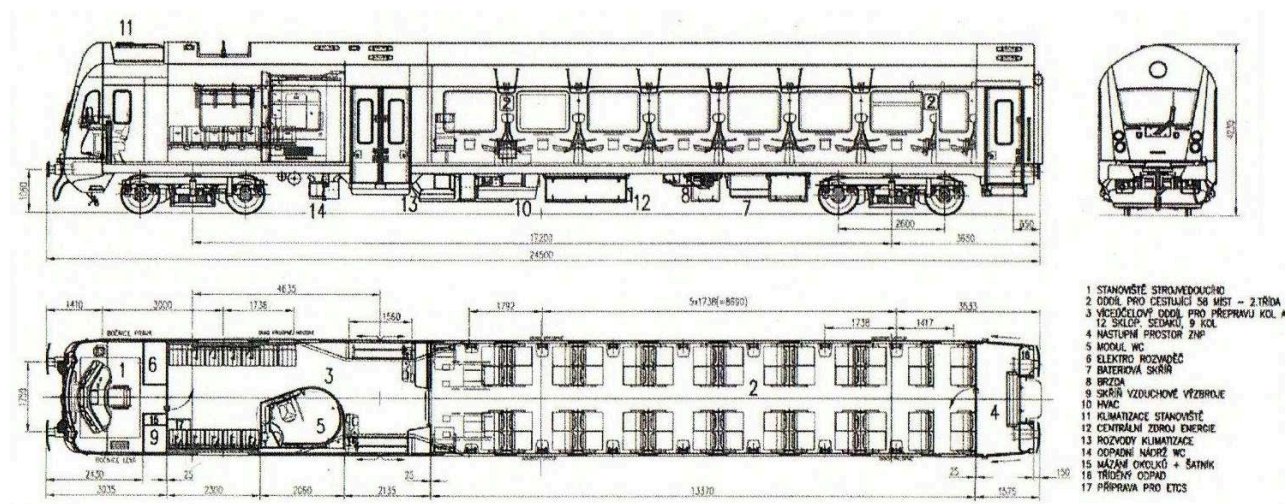
Čtyřnápravový řídicí vůz 2.třídy s víceúčelovým oddílem vznikl v Pars nova a.s. rekonstrukcí z osobního vozu řady Bdt (dříve Btme).

Vozy řady Bfhpvee (řada 961) jsou plně klimatizované řídicí vozy určené pro dálkové řízení neobsazených elektrických a motorových lokomotiv, u vratných souprav rychlíků a osobních vlaků na hlavních a vedlejších tratích na střední a delší vzdálenosti rychlostí do $140 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$. Dálkové ovládání hnacích vozidel z řídicího vozu je provedeno podle vyhlášek UIC 556 a UIC 558. Vozy jsou kompatibilní s lokomotivami uzpůsobenými pro vícečlenné řízení prostřednictvím WTB komunikace.

Vozu bylo přiděleno řadové označení Bfhpvee, kde použitá písmena mají následující význam:

- B - osobní vůz 2.třídy se sedadly,
- f - vozidlo vybavené kabinou strojvedoucího,
- h - osobní vůz vybavený pro převoz zdravotně postižených cestujících,
- p - osobní vůz se sedadly a střední uličkou,
- v- vozidlo vybavené pro přepravu jízdních kol,
- ee - vozidlo vybavené centrálním napájecím zdrojem.

Na vzniku řady Bfhpvee se významně podílely firmy VKV Praha (projekt vozu, hrubá stavba, vozová skříň a interiér, zavěšení přístrojů pod vozem, vodní hospodářství a WC, trasy elektro, výpočty hmotnosti, obrysu, hrubé stavby skříně, atd.), VÚKV Praha (konstrukční úpravy a výpočty podvozků, výpočet brzdy), Ing. Arch. Bohuslav Kunát (design čela, vybraných prvků interiéru, barevné sladění interiéru) a ŠKODA TRANSPORTATION (základní elektrické schéma vozu, řídicí systém). [11]



Obr. 5 - Typový výkres vozu Bfhpvee 80-30

Tab. 4 – Tabulka technických údajů řídicího vozu Bfhpvee 80-30 [11]

Rozchod	1 435 mm
Maximální rychlost	140 km·h ⁻¹
Obrys pro drážní vozidlo	UIC 505-1, ČSN EN 15273-2
Délka přes nárazníky	24 500 mm
Vzdálenost středů otočných podvozků	17 200 mm
Rozvor	2 100 mm
Max. šířka vstupu	2 883 mm
Max. výška vozu nad T. K.	4 230 mm
Jmenovitý průměr kola	920 mm
Hmotnost	47,6 t
Hmotnost na nápravu	13,5 t
Zásoba vody	220 l
Počet míst k sezení v oddíle	58
Počet sklopných sedaček	12
Max. počet míst k stání	60

Technický popis

Řídicí vozy řady Bfhpvee 80-30 jsou navrženy tak, aby vyhovovaly požadavkům TSI pro hluk, TSI týkajících se osob se sníženou pohyblivostí a TSI pro bezpečnost v železničních tunelech pro kategorii A z hlediska požární bezpečnosti. Určeny jsou pro provoz ve středoevropském klimatickém prostředí při okolních teplotách od -30 do +40° C, relativní vlhkosti vzduchu až 90 % při +20° C a při nadmořské výšce maximálně 1200 m.

Podvozky

V rámci rekonstrukce vozu se provádí generální opravy původních podvozků GP-200 S typu 8-822.0/1 a jejich přestavba na typ 8-822.2/3, spočívající v následujících úpravách:

- odstranění nápravových generátorů a počítáče kilometrů, dosazení čidla rychloměrné soupravy na přední nápravu, namontování držáku pro trysky mazání nákolků na předním podvozku a zábran proti větším předmětům na koleji před prvním dvojkolím, instalace nových pružin obou stupňů vypružení s charakteristikami odpovídajícími novému rozložení hmotnosti vozu, dosazení nových brzdových kotoučů a brzdových jednotek, zesílení konzol vedení dvojkolí z důvodu praskání konzol původního provedení.

Brzdová výstroj

Brzdová zařízení jsou na vůz dodána nově. Dosazená je pneumatická samočinná kotoučová brzda soustavy DAKO – PR s elektricky řízeným brzdičem BSE, rozváděčem CV1nD s přemostitelnou záchrannou brzdou PZ4. Přímočinná brzda je panelového provedení DAKO, protismykové zařízení typu DAKO PE06-MSV.

Zajišťovací střadačová brzda působí na brzdové kotouče v předním podvozku, mechanické odbrždění jednotek se střadačem se děje za pomoci bowdenů na podvozku ze strany vozu.

Na čelech vozu jsou vyvedeny dvě spojky hlavního potrubí brzdy a dvě spojky napájecího potrubí. Zábrzdná dráha z maximální rychlosti 140 km·h⁻¹ je stanovena na maximálně 900 m.

Interiér

Na předním čele se nachází neprůchozí kabina strojvedoucího, na zadním čele pak průchod s dvoukřídlými posuvnými dveřmi, přechodovým můstkem a návalky. Za kabinou strojvedoucího je víceúčelový prostor s WC a se 12 sklopnými sedadly, umožňujícími přepravu jízdních kol, kočárků, či objemných zavazadel. Největší část podlažní plochy vozu zaujímá velkoprostorový oddíl 2. třídy s místy vyhrazenými pro přepravu imobilních cestujících. Dvě příčky s prosklenými dveřmi oddělují oddíl pro cestující od nástupních prostorů.



Obr. 6 - Oddíl pro cestující řídicího vozu

Buňka WC

Sanitární modul WC je dodáván firmou VKV Praha (vyráběn její pobočkou ve Studénce). Je sestaven z hliníkových rámců s výplněmi, ve stropě se nachází sklopná klapka umožňující přístup k rozvodu vody a nádrži.



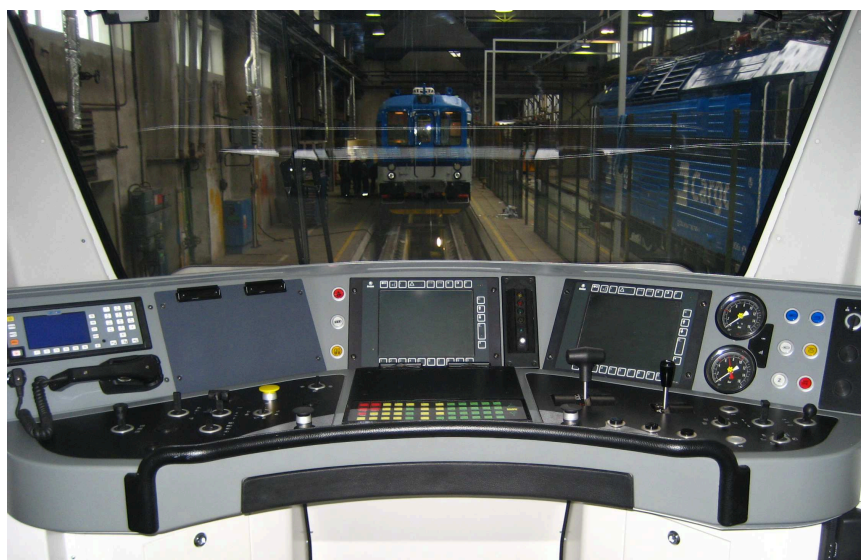
Obr. 7 - Sanitární modul WC řídicího vozu

Stanoviště strojvedoucího

Kabina strojvedoucího je vybavena kompletním stanovištěm strojvedoucího se středovým uspořádáním. Řídicí pult je uspořádán symetricky okolo podélné osy vozu a vychází z konstrukce pultu u lokomotiv Škoda 109E (řada 380 ČD). Okna kabiny strojvedoucího splňují podmínky vyhlášek UIC 566 a 651 a TNŽ 28 5201. Na bocích kabiny jsou spouštěcí okna a pevná okna doplněná sklopnými vyhřívanými zpětnými zrcátky.

Vstup na stanoviště je otočnými dveřmi ze zavazadlového oddílu. Na příčce mezi víceúčelovým oddílem a stanovištěm strojvedoucího je umístěna skříň se vzduchovou výzbrojí a přístroji a skříň pro potřeby vlakové čety. Plné osvětlení kabiny strojvedoucího je provedeno zářivkovými osvětlovacími tělesy, tlumené osvětlení pak žárovkami.

Stanoviště strojvedoucího je vytápěno a klimatizováno nezávisle na vytápění a klimatizaci oddílů.



Obr. 8 - Stanoviště strojvedoucího řídicího vozu

Řídicí obvody

Instalován je systém vyššího řízení jízdy vlaků vedených strojvedoucím – CRV & AVV firmy MVS elektronika (CRV = centrální regulátor vozidla, AVV = automatické vedení vlaku). Systém pracuje pod dozorem vlakového zabezpečovače a využívá jím přijaté návěstní informace, do činnosti VZ však nijak nezasahuje ani jeho činnost nijak neovlivňuje. Pro vyšší režimy řízení jízdy vlaku vyžaduje CRV & AVV vybavení tratě traťovou částí AVV. Systém CRV & AVV plně respektuje návěstní soustavu ČD. Zařízení CRV & AVV umožňuje řízení jízdy vlaků v těchto režimech:

- ruční řízení (MAN) – strojvedoucí nastavuje poměrný tah a účinek průběžné brzdy vlaku přímo pomocí ovladačů na pultu,

- automatická regulace rychlosti (ARR) – strojvedoucí nastavuje požadovanou rychlost jízdy a volí jízdní režim (jízda/výběh). Zůstává mu přitom zachována možnost ručního brzdění jak brzdou elektrodynamickou, tak pneumatickou, a to bez nutnosti přechodu do režimu ručního řízení.
- cílové brzdění (CB) - automatizovaný režim, kdy je jízda vlaku řízena samočinně na základě dat obsažených v tzv. mapě trati. Předpokladem pro tento režim je vybavení tratě traťovou částí AVV.
- optimalizace jízdy vlaku (OJV) – automatizovaný režim s CB a optimalizací jízdy vlaku, kdy jsou funkce vyjmenované v předchozím bodě rozšířeny o výpočet a realizaci energeticky optimální jízdní strategie.

Součástí řídicího systému je modul GPS/GSM, jenž společně se systémem TeleRail slouží pro lokalizaci vozu na trati prostřednictvím satelitního navigačního systému GPS a pro přenos diagnostických dat z řídicího vozu do vyhodnocovacího střediska.

Vůz má nainstalovaný systém pro detekci požáru, jehož požární čidla monitorují rizikové prostory, a to skříň elektrického rozváděče, pult strojvedoucího, výceúčelový a velkoprostorový oddíl. Strojvedoucí je o rizikových stavech informován prostřednictvím alarmového hlášení na displeji. Při indikaci požáru je odpojena ventilace vzduchu ve voze (klimatizace), aby bylo zamezeno rychlému šíření dusíkového kouře do prostoru cestujících. Ve skříni v zadním nástupním prostoru, ve výceúčelovém oddíle a na stanovišti strojvedoucího jsou pak umístěny ruční hasicí přístroje.

VZ, radiostanice

Na voze je použita mobilní část vlakového zabezpečovacího zařízení typu LS 90, které lze provozovat na tratích s liniovým přenosem návěstí i bez něho.

VZ má tři základní funkce: kontrolní, informační, zabezpečovací. Umožňuje sledovat bdělost strojvedoucího, přenos návěstních znaků a návěstní opakovací, sledovat maximální rychlost s ohledem na konstrukční rychlost a umožňuje příjem návěstních znaků. Vůz je vybaven radiostanicí typu VS67 firmy T-CZ, umožňující komunikaci v analogových sítích 160 a 450 MHz, tak v digitální síti GSM-R. Současně je připojena na VZ, čímž je při příjmu příkazů dálkového zastavení “STOP” zajištěno zastavení vlaku bez nutnosti zásahu strojvedoucího.

Komunikace na úrovni vlaku

Pro komunikaci řídicího vozu s lokomotivou v soupravě je použita komunikace WTB (Wire Train Bus).

[11]



Obr. 9 - Řídicí vůz Bfhpvee 80 – 30

1.3 Koncepce pohonu motorových vozů

Současný trend v konstrukci motorových vozů vychází zejména z přepravních požadavků, kterými jsou:

- velikost prostoru pro přepravu cestujících (počet míst k sezení a stání),
- velikost užitého prostoru pro přepravu zavazadel (kufry, jízdní kola, kočárky, lyže apod.),
- dostupnost pro osoby se sníženou schopností pohybu a orientace (nízkopodlažní vozidla).

Z tohoto důvodu se jako nejvhodnější jeví koncepce umístění pohonu vozidla mimo vnitřní prostor skříně (pod podlahou vozidla) případně jako samostatný vůz s pohonným ústrojím doplněný dvojicí řídicích vozů.

Dále je ve stručnosti uveden přehled základních koncepcí uspořádání pohonu motorových vozů z hlediska jejich vlastností:

1.3.1 Motorový vůz se strojovnou

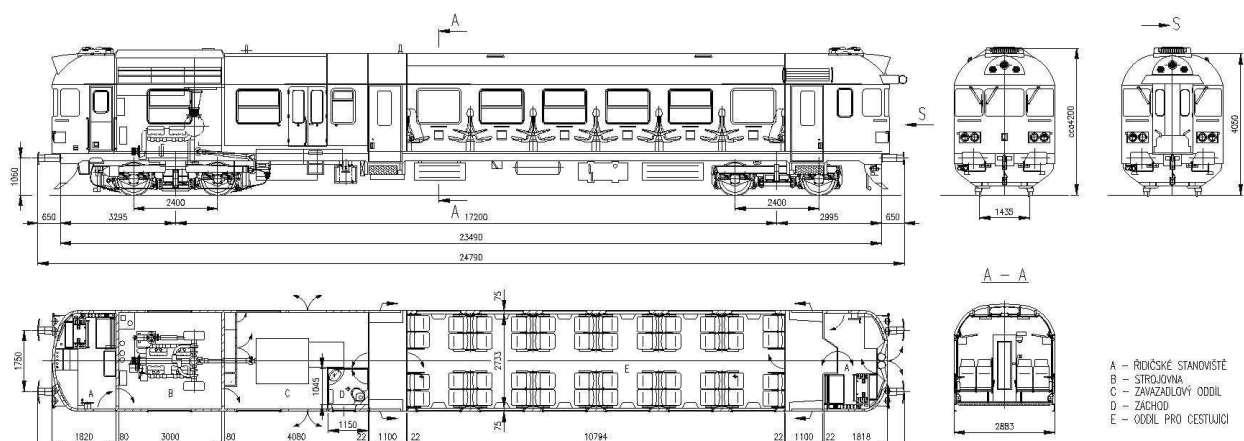
Výhody:

- vyšší instalovaný výkon (nad 600 kW),
- snadnější přístup z hlediska údržby,
- možnost instalace vidlicového nebo řadového spalovacího motoru.
- možnost vyvázání motoru bez vyvazování podvozku

Nevýhody:

- omezený prostor pro cestující a zavazadla,
- vyšší hluk a vibrace v prostoru pro cestující
- strojovna musí být kvalitně utěsněna, musí být použity silnější dveře, obložení
- možnost vyvázání motoru jen po demontáži střechy

Příklady vozů provozovaných u ČD: motorový vůz řady 850, 851, 852, 853 a 854.



Obr. 10 – Typový výkres vozu 854



Obr. 11 – Motor ve strojovně vozu 854

1.3.2 Motorový vůz se spalovacím motorem pod podlahou

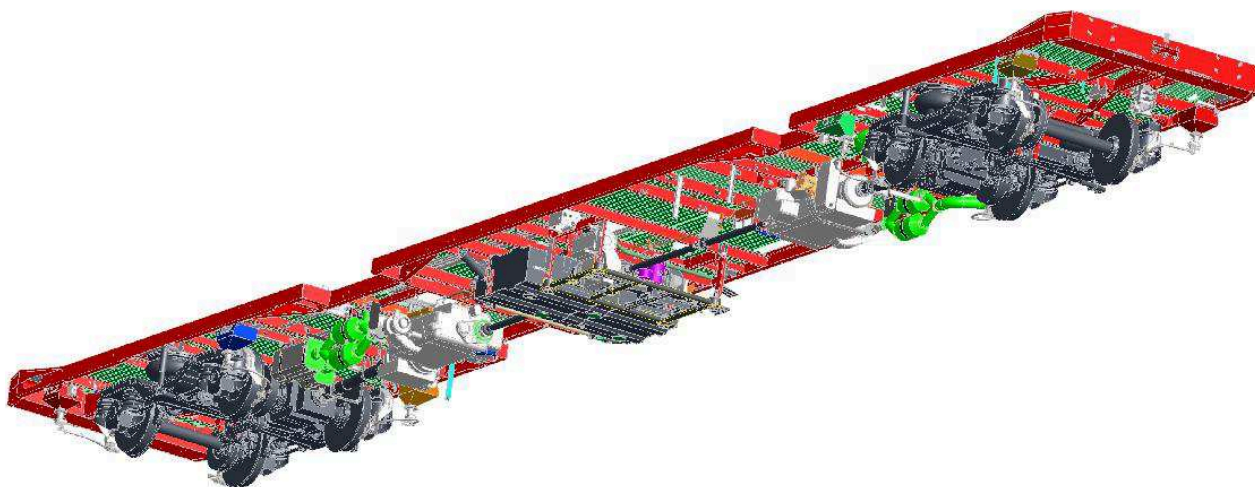
Výhody:

- větší prostor pro cestující a zavazadla,
- nižší hluk a vibrace v prostoru pro cestující.
- nižší hmotnost motoru, nižší cena.
- snadná a levná údržba,
- lepší využití adhezní hmotnosti, nižší hmotnost na nápravu
- možnost hospodárné jízdy při jízdě po spádu s jedním agregátem,
- možnost dojezdu při poruše jednoho motoru,

Nevýhody:

- nižší instalovaný výkon (do 600 kW),
- obtížnější přístup z hlediska údržby.
- možnost instalace pouze plochých nebo ležatých spalovacích motorů.

Příklady vozů provozovaných u ČD: motorový vůz řady 810, 811, 812, 814, 842, 843.



Obr. 12 – Agregáty motorového vozu řady 842

1.3.3 Vložený vůz s hnacím modulem

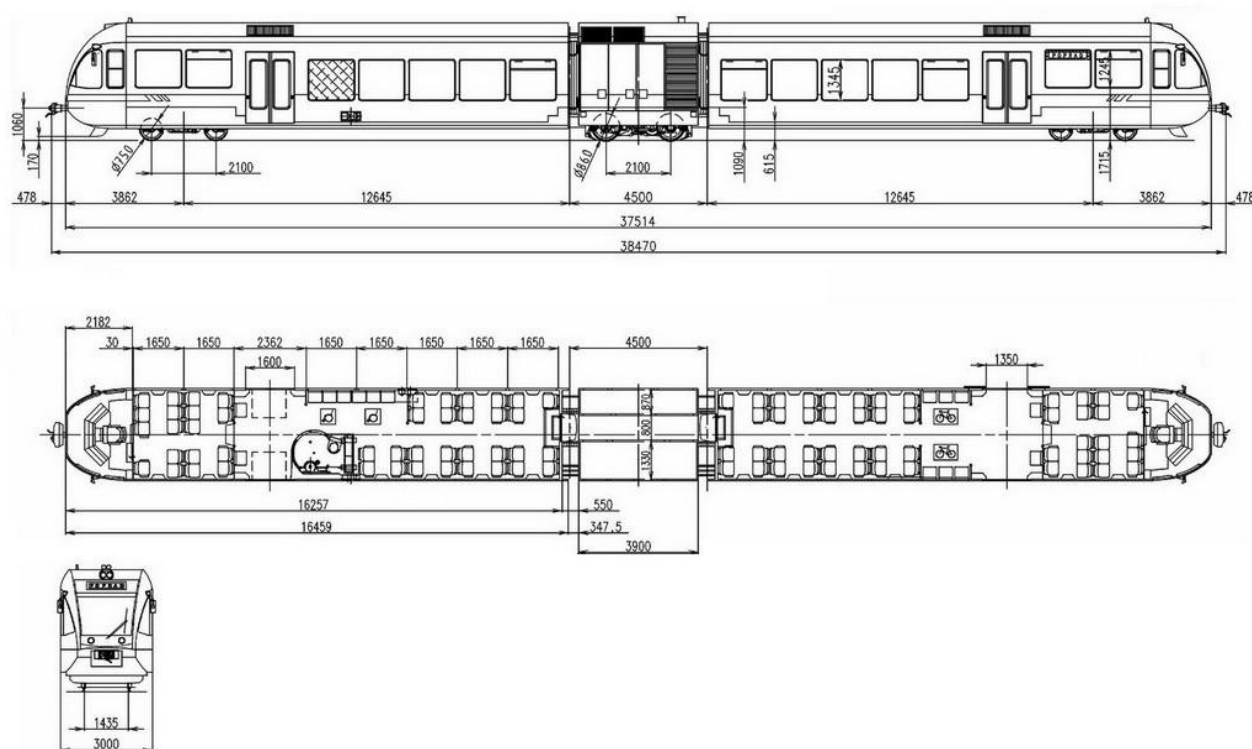
Výhody:

- vyšší instalovaný výkon (nad 600 kW),
- snadný přístup z hlediska údržby,
- nižší hluk a vibrace,
- rychlá výměna hnacího modulu,
- možnost instalace různých typů spalovacích motorů.

Nevýhody:

- nutnost manipulace s řídicími vozy při výměně řídicího modulu.

Příklady vozů provozovaných u ČD: motorová jednotka řady 840.



Obr. 13 – Typový výkres motorové jednotky 840



Obr. 14 – Hnací modul motorové jednotky 840

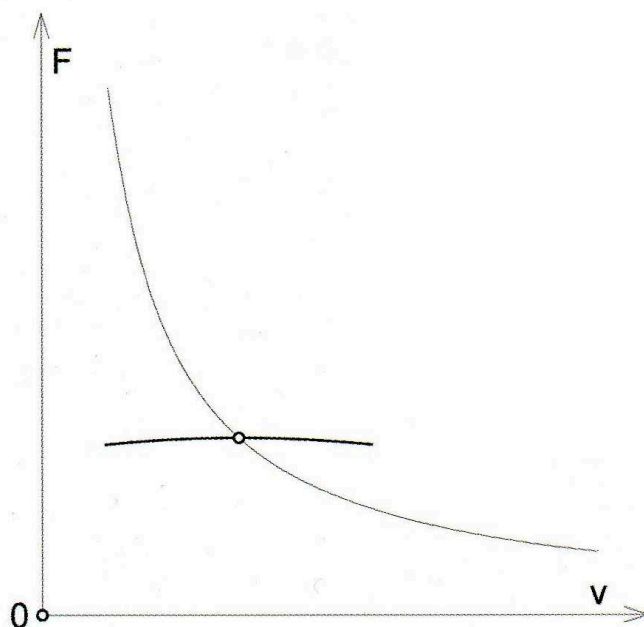
Vzhledem k požadavkům firmy Pars nova a.s. se v mé práci budu zabývat přestavbou řídicího vozu Bfhpvee na motorový vůz nezávislé trakce pro max. rychlost $140 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ se spalovacím motorem Caterpillar C27 uloženým ve strojovně, s přenosem výkonu elektrickým se stejnosměrnými sériovými trakčními motory TE 051 A01. Dále aplikuji bezpečnostní prvky, plnící normu na odolnost skříní železničních vozidel proti nárazu – ČSN EN 15 227 + A1.

Je sice všeobecně známé, že místo stejnosměrných trakčních motorů se v dnešní době využívají pro své výhody k pohonu dvojkolí motory asynchronní, já jsem ovšem vyhověl požadavkům zadavatele a na vozidlo aplikoval trakční motory stejnosměrné.

2. Přenos výkonu, popis vybraných komponent pohonného ústrojí

Každé hnací vozidlo disponuje jistým výkonem. Pro trakci je důležitá jak velikost tohoto výkonu tak i jeho podoba – závislost tažné síly na obvodu kol (F), respektive momentu motoru na rychlosti vozidla (V), respektive otáčkách motoru. Ideální podoba výkonu má tvar hyperboly.

Závislost momentu motoru na jeho otáčkách při stálém převodu je teoreticky konstantní. Tato momentová charakteristika protíná ideální trakční hyperbolu pouze v jednom bodě, v tzv. bodě spolupráce. To je velmi nedokonalé, proto je nutno vložit mezi motor a dvojkolí ústrojí pro přenos výkonu, jehož úkolem je transformovat podobu výkonu do podoby vhodné pro trakci. [17]



Obr. 15 – Ideální trakční hyperbola [17]

Požadavky na ústrojí pro přenos výkonu:

- umožnění rozdílných otáček hřídele SM a hnacího dvojkolí,
- umožnění využití plného výkonu SM v celém rozsahu jízdních rychlostí,
- docílení vysoké tažné síly při rozjezdu,
- vysoká účinnost v celém rozsahu rychlosti,
- snadná změna směru jízdy,
- možnost rozdělení výkonu na více hnacích dvojkolí,
- dlouhá životnost, levný provoz a údržba, jednoduchá obsluha
- nízká hmotnost, malé rozměry a nízká cena.

[17]

2.1 Elektrický přenos výkonu

Principem je, že spalovací motor pohání trakční dynamo či alternátor, jenž napájí elektrické trakční motory. Elektrický přenos výkonu je dnes téměř výhradně používán pro následující výhody:

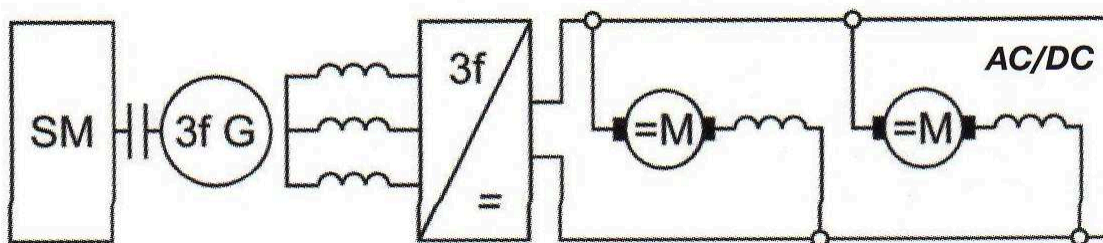
- charakteristika elektrických trakčních motorů odpovídá ideální trakční hyperbole,
- jednoduchá možnost rozdělení výkonu na více hnacích dvojkolí,
- dobrá účinnost v celém rozsahu jízdních rychlostí,
- možnost využití trakčních motorů ke generátorickému brzdění.

Elektrický přenos výkonu rozdělujeme na následující typy:

- stejnosměrný (DC/DC),
- smíšený (AC/DC),
- střídavý (AC/AC).

[17]

Já k přenosu výkonu od spalovacího motoru Caterpillar k trakčním motorům TE 051 A01 využiji třífázový generátor 1FC2 454-4 BO 99-Z od firmy Siemens Drásov. Součástí tohoto elektrického stroje je i usměrňovač napětí, tudíž typ přenosu výkonu je smíšený.



Obr. 16 – Elektrický přenos výkonu – AC/DC [17]

Na obr. 16 je schematicky znázorněn přenos výkonu AC/DC. Spalovací motor pohání třífázový generátor, který přes usměrňovač napájí stejnosměrné trakční motory.

2.2 Popis komponent hnacího ústrojí

SPALOVACÍ MOTOR

Průmyslový motor Caterpillar C27 ACERT je stojatý, dvanáctiválcový naftový motor, splňující emisní limity EU IIIB pro motorové vozy ($HC + NO_x < 4 \text{ g / kWh}$)

Tab. 5 – Parametry motoru C27 ACERT

Typ motoru	C27 ACERT
Výkon	708 kW
Otáčky	720 – 1800 min ⁻¹
Počet a uspořádání válců	12 do V
Celkový objem válců	27,0 l
Vrtání válce	137,7 mm
Zdvih válce	152,4 mm
Chladicí systém	dvouokruhový, ACERT
Přepřínování	2 turbodmychadla
Vstřikovací systém	MEUI
Řídicí jednotka	ADEM A4
Kompresní poměr	18:1
Hmotnost	cca. 3000 kg
Emisní certifikace	EU IIIB



Obr. 17 - Parametry motoru C27

Tento výkonný a zároveň spolehlivý motor je v současnosti s oblibou využíván při remotorizaci dieselelektrických lokomotiv.

Konstrukce bloku válců přispívá k lepšímu proudění vzduchu a také k dosažení vyššího kompresního poměru motoru.

Motor je vybaven vačkovým rozvodem OHV, kdy dva samostatné vačkové hřídele (jeden v každé hlavě) jsou poháněny ozubeným soukolím na setrvačnickovém konci motoru, což výrazně omezuje hlučnost a vibrace. K omezení opotřebení jsou na předku vačkových hřídelů dva tlumiče kmitů. Uvedené vlastnosti přispívají k dlouhé životnosti a odolnosti motoru.

Dodávku paliva a průtok vzduchu tak, aby se docílila nejlepší výkonnost na litr použitého paliva, má na starost řídicí jednotka motoru ADEM A4. Modul pružně sleduje dodávku a spotřebu paliva, což zabezpečuje rychlou odezvu motoru na průběžně se měnící potřeby. Sleduje podmínky motoru a stroje a účinnost motoru je tak trvale udržována na nejvyšší možné hodnotě. Vstřikování paliva vstřikovacími jednotkami probíhá s nejvyšší možnou přesností. Přesný průběh spalovacího cyklu snižuje teploty ve spalovacím prostoru, vzniká méně škodlivých emisí a optimalizuje se spalování paliva – docílí se tím vyšší pracovní výkon při dané spotřebě paliva.

Palivový systém MEUI je dokonale vyvinutý systém s ověřenou spolehlivostí v provozních podmínkách. Spojuje v sobě nejnovější technický pokrok z oblasti elektronických řídicích systémů s jednoduchostí mechanického ovládání jednotek pro přímé vstřikování paliva. Systém MEUI vyniká schopností řídit vstřikovací tlak v celém rozsahu provozních otáček motoru. Uvedené vlastnosti motoru C27 umožňují beze zbytku řídit časování vstřikování, dobu trvání vstřikování a průběh vstřikovacího tlaku.

Dálkové vzduchové mezichlazení plnicího vzduchu (ATAAC) udržuje nízké teploty plnicího vzduchu a v souladu s velmi úzkými tolerancemi komponentů spalovacího prostoru zvyšuje využití paliva na maximum při snížení emisí na minimum. Výrazné zlepšení průchodu vzduchu se docílí s vodou chlazenými mezichladiči, jedinečnou hlavou pro příčné proudění, samostatně zezadu poháněnými vačkovými hřídeli v hlavě válců a efektivnějším sacím potrubím.

Údržbu a opravy motoru usnadňuje monitorování klíčových funkcí a záznam chybových hlášení. Přístup k elektronické diagnostice umožňuje servisní software „elektronický technik“ (ET).

[9]



Obr. 18 – Spalovací motor Caterpillar C27 ACERT

PRUŽNÁ SPOJKA

Spalovací motor Caterpillar C27 ACERT pohání přes pružnou spojku CENTAMAX CM – 8000 – SCA – SAE21 generátor 1FC2 454-4 BO 99-Z z drásovského Siemensu.

CENTAMAX CM – 8000 – SCA – SAE21 je robustní, spolehlivá spojka pro vznětové motory s výkonem do 3 MW. Vyznačuje se tichým, bezrezonančním provozem, snadnou montáží, dlouhou životností, vysokou pružností s lineární charakteristikou, přenáší vysoké kroutící momenty v rozmezí od 0,1 do 24 kNm a při dlouhodobém provozu nevznikají vůle. Snižuje působení torzních vibrací a otřesů, kompenzuje axiální, radiální a úhlové vychýlení a je schopna pracovat v prostředí s okolní teplotou od -45 °C do 90 °C. Výrobce je Německá firma Centa, sídlící ve městě Haan. [3]



Obr. 19 – Pružná spojka Centamax [3]

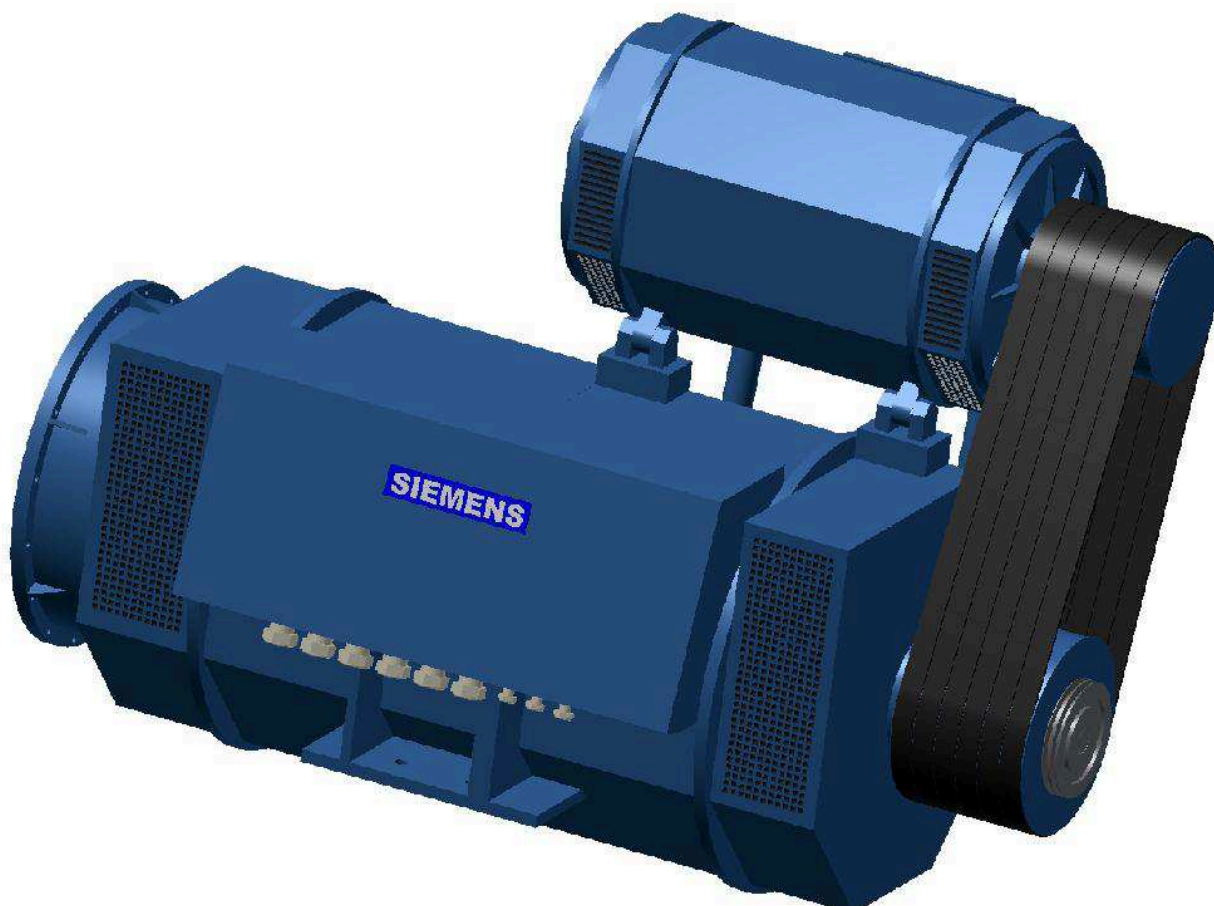
GENERÁTOR ELEKTRICKÉHO PROUDU

Třífázový synchronní generátor řady 1FC2 454-4 BO 99-Z je stroj pro nízké napětí s rotorem s vyniklými póly v bezkartáčovém provedení. Skládá se z generátoru střídavého proudu (hlavní stroj) a z budiče s rotujícím usměrňovačem. Rotory hlavního stroje a budiče se nachází spolu s rotujícím usměrňovačem a ventilátorem na jedné hřídeli. Části k regulaci napětí jsou umístěny ve svorkovnicové skříni.

Hlavní stroj má rotor s vyniklými póly, třífázové vinutí je zapojeno do hvězdy, která je vyvedena. Pro zlepšení dynamické stability u nesymetrického zatížení je rotor vybaven tlumícím vinutím.

Budič je střídavý generátor s vnějšími póly se stejnosměrným budícím vinutím ve satoru. Střídavé vinutí rotoru napájí přes rotující usměrňovač vinutí v rotoru hlavního stroje. Rotující usměrňovač je diodový modul, zapojený do třífázového můstku, který je vybaven ochranou proti přepětí.

[12]



Obr. 20 – Generátor elektrického proudu Siemens 1FC2 454-4 BO 99-Z

Tab. 6 – Parametry synchronního generátoru Siemens [12]

Typ generátoru	1FC2 454-4 BO 99-Z
Výkon	628 kVA
Max. otáčky	1800 min ⁻¹
Napětí	380 V
Hmotnost	3100 kg
Krytí	IP 21
Chlazení	IC 01

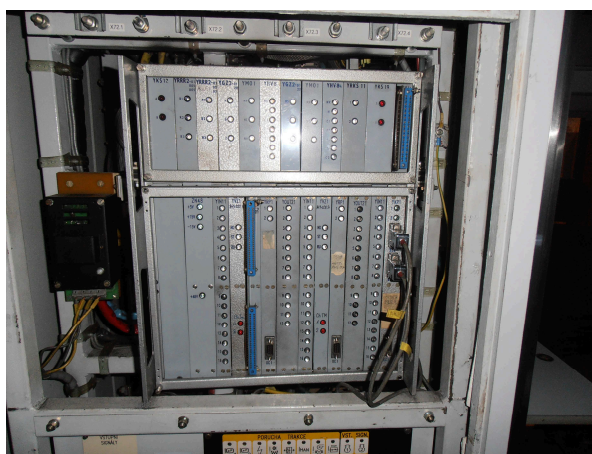
MIKROPROCESOROVÝ REGULÁTOR POHONU GM 15

Elektronická regulace přenosu výkonu zajišťuje optimální přenos výkonu a dynamiku jeho nárůstu s ohledem na možnosti naftového motoru tak, aby byl v každém provozním režimu hospodárně zatěžován. Omezuje rozjezdové proudy trakčních motorů tak, aby bylo dosaženo maximální tažných sil již při středních otáčkách spalovacího motoru. Omezuje napětí generátoru v závislosti na jeho otáčkách. Regulátor přenosu výkonu zajišťuje na všech jízdních stupních zeslabování buzení trakčních motorů v určeném bodě vnější charakteristiky generátoru.

Regulátor se skládá z digitální a analogové části. Digitální část (dolní vana) zajišťuje regulaci trakčních skupin, komunikaci s nadřazeným centrálním regulátorem vozu. S centrálním regulátorem vozu a diagnostickým počítačem vozu je propojena pomocí sériových linek, po kterých probíhá komunikace. V analogové části regulátoru (horní vana) jsou koncové stupně pro regulaci buzení budičů, jednotky časových zpoždění pro zabezpečení správné posloupnosti spínání a rozpojení stykačů a další periferní a kontrolní jednotky.

Regulátor je umístěn v elektrickém rozvaděči vozu.

[14]



Obr. 21 – Mikroprocesorový regulátor pohonu

TRAKČNÍ MOTORY

Trakční motor typu TE 051 A 01 pohání hnací osu dvojkolí a je uložen na jedné straně přes silentblok k příčnicku rámu podvozku a na straně druhé prostřednictvím valivých ložisek uložen na nápravě.

Je to stejnosměrný sériový čtyřpólový stroj s pomocnými póly od firmy SKD, který se vyznačuje snadnou regulovatelností a v podstatě ideální trakční charakteristikou.

Na voze jsou 4 tyto trakční motory, jejich ventilace je provedena pomocí cizího ventilátoru.

Tab. 7 – Parametry trakčního motoru TE 051 A 01 [13]

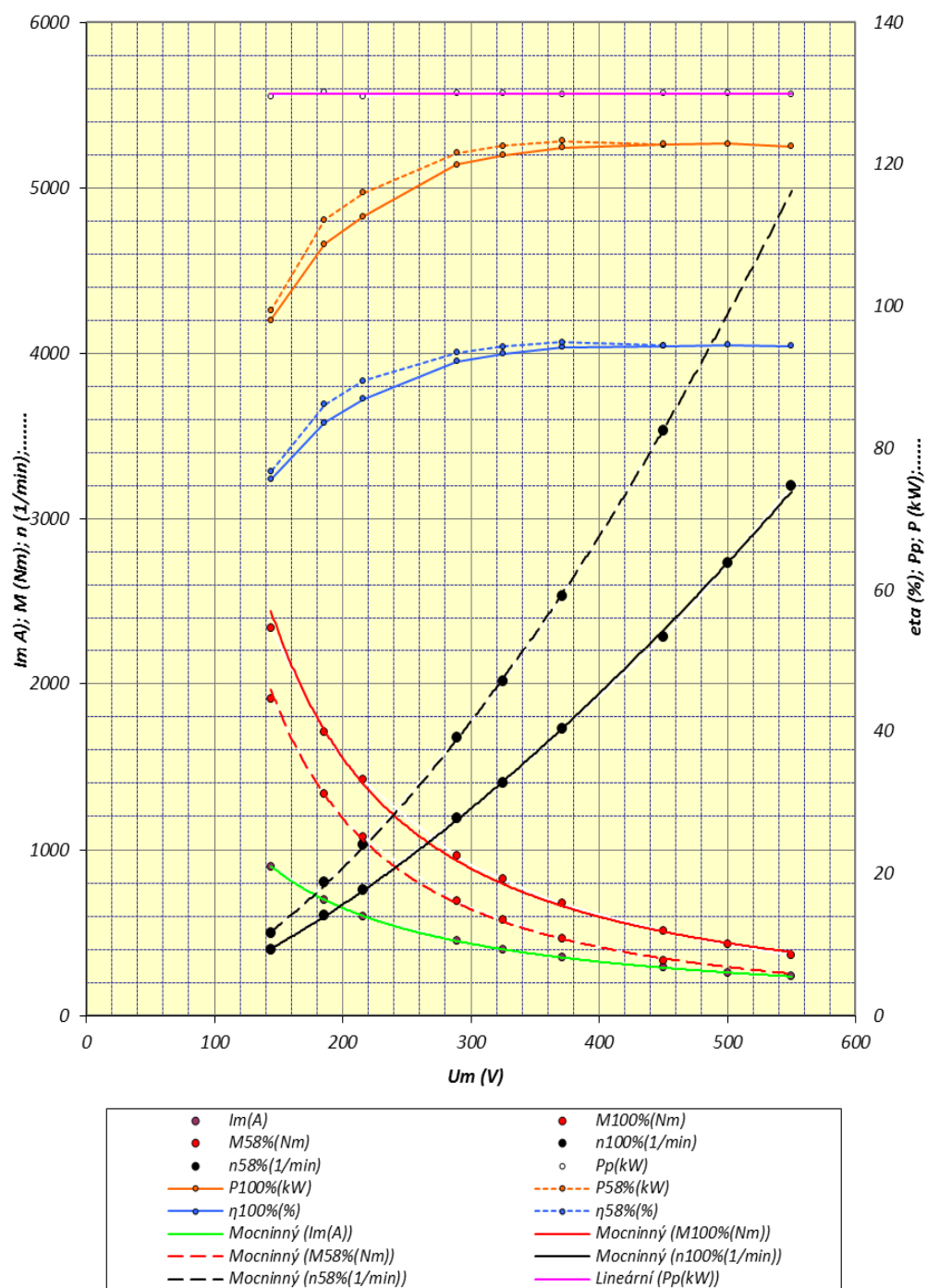
Typ motoru	TE 051 A 01
Jmenovitý příkon	130 kW
Max. napětí při jmenovitém příkonu	450 V
Jmenovitý proud	450 A
Třída izolace	H
Způsob chlazení	cizí
Buzení	sériové
Hmotnost (bez pastorku)	910 kg
Krytí	IP 22
Max. otáčky	4000 min ⁻¹



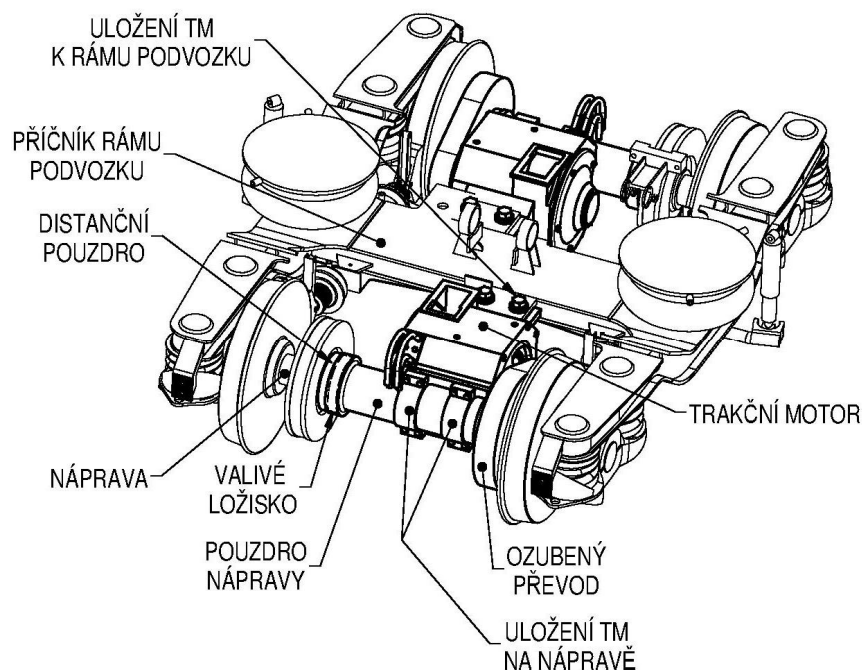
Obr. 22 – Trakční motor TE 051 A 01

Tab. 8 - Charakteristiky trakčního motoru TE 051 A 01 [13]

$U_m(V)$	$I_m(A)$	$P_p(kW)$	$P_{100\%}(kW)$	$P_{58\%}(kW)$	$M_{100\%}(Nm)$	$M_{58\%}(Nm)$	$n_{100\%}(min^{-1})$	$n_{58\%}(min^{-1})$	$\eta_{100\%}(\%)$	$\eta_{58\%}(\%)$
550	236	130	122,5		365,2		3 202,0		94,3	
500	260	130	122,9		428,8		2 736,0		94,5	
450	289	130	122,8	122,8	512,1	331,7	2 289,0	3 535,0	94,4	94,4
371	350	130	122,3	123,3	676,3	464,7	1 727,0	2 533,0	94,2	94,9
325	400	130	121,3	122,6	823,6	580,7	1 406,0	2 016,0	93,3	94,3
289	450	130	120,0	121,6	964,2	693,8	1 188,0	1 673,0	92,2	93,5
216	600	130	112,6	115,9	1 420,4	1 077,0	757,0	1 028,0	86,9	89,5
186	700	130	108,8	112,1	1 711,2	1 335,2	607,0	802,0	83,5	86,1
144	900	130	98,0	99,4	2 339,5	1 909,1	400,0	497,0	75,6	76,7



Obr. 23 – Charakteristiky trakčního motoru TE 051 A 01 [13]



Obr. 24 – Detail uložení trakčního motoru

2.3 Popis komponent pomocných pohonů

Pomocné pohony zásobují vůz elektrickou energií a stlačeným vzduchem. K sestavě pomocných pohonů patří komponenty pro výrobu a regulaci stlačeného vzduchu, zdrojová souprava, ventilátory trakčních motorů a chladicí soustava spalovacího motoru.

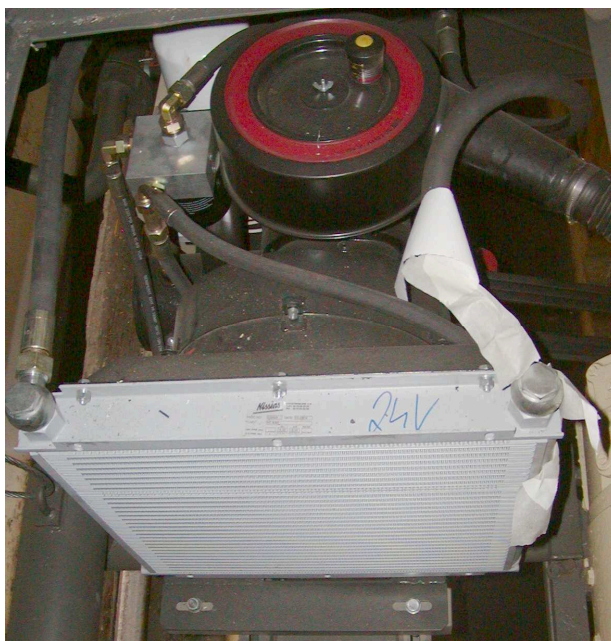
- komponenty pro výrobu a regulaci stlačeného vzduchu

KOMPRESOROVÁ JEDNOTKA SE 100 LOK

Šroubový kompresor sestává ze dvou protiběžných šroubových rotorů, uložených ve valivých ložiscích, v jejichž mezerách se stlačuje vzduch a vytlačuje se do vzduchojemu. Jednotka je umístěna ve strojovně a je poháněna řemenovým převodem od generátoru.

Tab. 9 – Parametry kompresorové jednotky SE 100 LOK [2]

Kompresorová jednotka	SE 100 LOK
Výtlačný přetlak	1,0 MPa
Jmenovité otáčky	3000 ot · min ⁻¹
Jmenovitý výkon	100 m ³ · hod
Příkon na hřídeli kompresoru	14 kW
Hmotnost	125 kg
Výrobce	ATMOS Chrást
Způsob chlazení	olejem



Obr. 25 – Kompresorová jednotka SE 100 LOK

SUŠIČ VZDUCHU SAB WABCO SD 5 – 3

Stlačený vzduch z kompresoru, zbavený olejových par a zchlazený na 40 stupňů Celsia, je dopraven do dvoukomorové sušičky vzduchu, umístěné pod vozem.

Sušič vzduchu zabráňuje poškození pneumatických přístrojů kondenzovanou vodou ze stlačeného vzduchu, zanášení těchto přístrojů rzí z vnitřního povrchu trubek a případnému zamrzání těchto přístrojů v zimním období.

HLAVNÍ VZDUCHOJEMY

Suchý stlačený vzduch je transportován do hlavních vzduchojemů. Sestavu hlavních vzduchojemů tvoří dva vzduchojemy 200 l a jeden 75 l. Tyto vzduchojemy jsou mezi sebou propojeny tak, aby umožnily rychlé naplnění jednoho 200 l vzduchojemu na tlak 5 bar a tímto tlakem se naplnilo napájecí potrubí a celý pneumatický systém motorového vozu, příp. celého vlaku. Po naplnění celého systému na tento tlak se začnou plnit další dva vzduchojemy této sestavy a celý pneumatický systém se naplní na požadovaný tlak 10 b.

- **zdrojová souprava**

NABÍJECÍ ALTERNÁTOR TA 624 W 01

Nabíjecí alternátor je poháněn přes řemenici naftovým motorem. Je to synchronní trojfázový alternátor s trojfázovým vinutím na statoru a s budícím vinutím na rotoru s vyniklými póly. Budící stejnosměrný proud dodává vestavěný budič přes rotační usměrňovač.

Alternátor je umístěn ve strojovně, mimo jiné dobíjí akumulátorové baterie KPH 150 P, s kapacitou 150 Ah. Baterie jsou gelové, bezúdržbové. Dále alternátor dobíjí baterie přípojných vozů, napájí motory ventilátorů trakčních motorů a palubní 48 V síť.

Tab. 10 – Parametry alternátoru TA 624 W 01 [14]

ALTERNÁTOR	TA 624 W 01
Výkon	24 kW
Napětí	60 V
Proud	400 A
Ventilace	vlastní
Hmotnost	300 kg



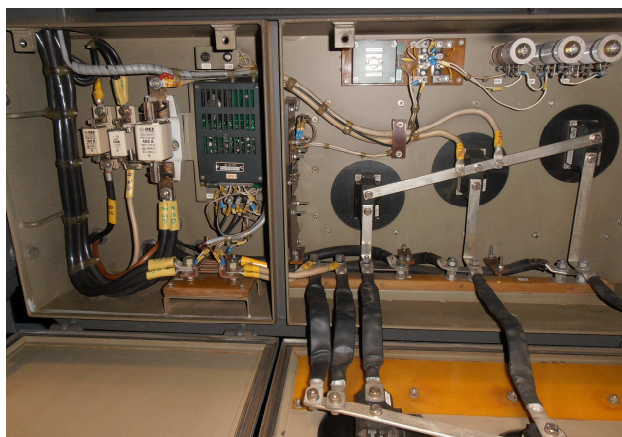
Obr. 26 – Nabíjecí alternátor TA 624 W 01

USMĚRŇOVAČ PA 29

Usměrňovač PA 29 je skříňový trojfázový diodový usměrňovač s přirozeným chlazením, umístěný ve skříni z ocelového plechu, která je na bocích opatřena chladicími žebry z Al profilu.

Tab. 11 – Parametry usměrňovače PA 29 [14]

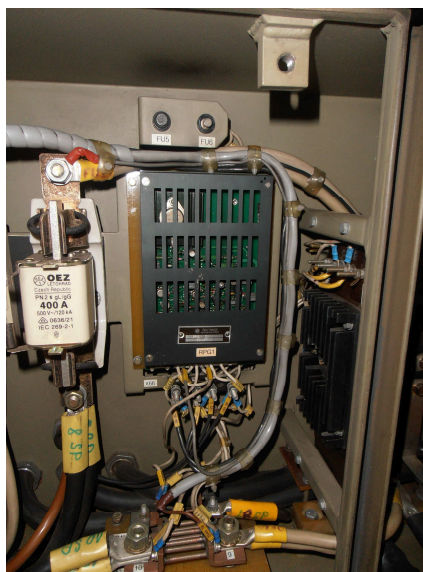
Usměrňovač	PA 29
Vstupní stejnosměrné napětí	$59 \pm 1 \text{ V}$
Vstupní střídavé napětí	3 x 46 V
Max. vstupní proud	400 A
Rozměry skříně	1150 x 300 x 490 mm
Hmotnost	70 kg
Chlazení	vzduchové, přirozené



Obr. 27 – Usměrňovač PA 29

REGULÁTOR ZDROJOVÉ SOUPRAVY RPG 1

Tento regulátor zajišťuje regulaci parametrů zdrojové soupravy. Je uložen ve skříni spolu s usměrňovačem a napájen z vozidlové baterie, která je součástí zdrojové soustavy.



Obr. 28 – Regulátor zdrojové soupravy RPG 1

Celá zdrojová souprava je dodávkou firmy SKD.

- ventilace trakčních motorů

VENTILACE TRAKČNÍCH MOTORŮ

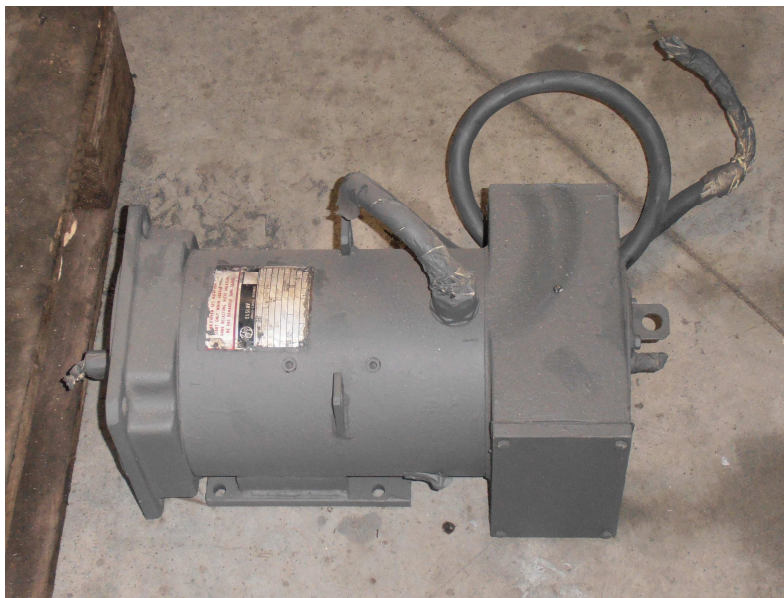
Na vozidle jsou použity 4 kusy trakčních motorů, každý pohání jedno dvojkolí a každý je samostatně chlazen.

Ventilace je realizována pomocí elektromotorů MG 90 L2 od firmy EM Brno, které napájí alternátor pomocných pohonů TA 624 W 01. Jsou to stejnosměrné čtyřpólové stroje se snadnou a plynulou regulací otáček.

Na hřídeli motoru je vrtule, která nasává a zároveň vhání chladicí vzduch ventilačními kanály k trakčním motorům.

Tab. 12 – Parametry elektromotoru MG 90 L2 [5]

Elektromotor	MG 90 L2
Napětí	60 V
Proud	22 A
Výkon	1 kW
Otáčky	3200 · min ⁻¹



Obr. 29 – Elektromotor MG 90 L2

- **chladicí soustava motoru**

Chladicí soustava motorového vozu slouží k chlazení chladicí kapaliny a oleje spalovacího motoru a chlazení vzduchu vstupujícího do turbodmychadel. Regulace chlazení a pohon ventilátorů chlazení je hydrostatický.

Okruh hydrostatického pohonu a regulace ventilátorů chlazení se skládá z následujících částí:

- axiální pístové čerpadlo HG 56
- 2x axiální pístový hydromotor HM 28
- 2x chladicí blok od firmy BMC Baltas
- nerezová nádrž hydrostatiky (60 l)
- spojovací potrubí

Pístové čerpadlo je pomocí pružné spojky CENTAFLEX – A 22 - 1 poháněno od klikové hřídele spalovacího motoru a z hydrostatické nádrže rozvádí olej v hydrostatickém obvodu ke dvěma hydromotorům, pohánějícím ventilátory chladicích bloků, díky kterým je spalovací motor dostatečně chlazen.

AXIÁLNÍ PÍSTOVÉ ČERPADLO HG 56

Jednosměrné čerpadlo je výrobkem firmy GLENTOR s r.o.



Obr. 30 – Pístové čerpadlo HG 56 [6]

Tab. 13 - Parametry axiálního pístového čerpadla HG 56 [6]

Hydročerpadlo	HG 56
Geometrický objem	56 cm ³
Tlak jmenovitý / maximální	25 / 35 MPa
Otáčky jmenovité / maximální	1500 / 3600 · min ⁻¹
Příkon jmenovitý / maximální	36,8 / 125 kW
Hmotnost	23,5 kg

AXIÁLNÍ PÍSTOVÝ HYDROMOTOR HM 28

Jedná se rovněž o výrobek firmy GLENTOR s r.o., ovšem na rozdíl od čerpadla může pracovat v obou směrech otáčení. Pod oběma hydromotory jsou umístěny záchytné vany proti úkapům.



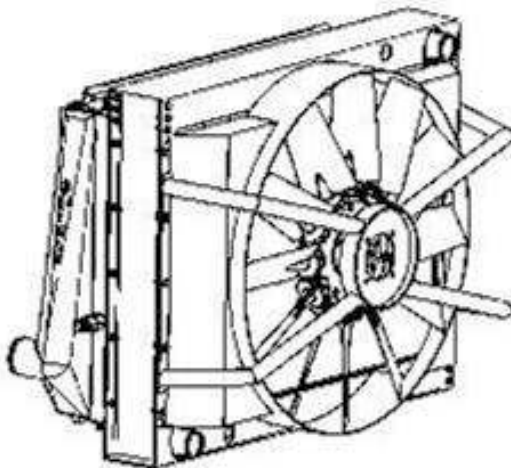
Obr. 31 – Pístový hydromotor HM 28 [7]

Tab. 14 - Parametry axiálního pístového hydromotoru HM 28 [7]

Hydromotor	HM 28
Geometrický objem	28,5 cm ³
Tlak jmenovitý / maximální	25 / 35 MPa
Otáčky jmenovité / maximální	1920 / 4800 · min ⁻¹
Moment jmenovitý / maximální	108 / 149 Nm
Hmotnost	12,5 kg

CHLADÍČÍ BLOK

Chladicí bloky dodává brněnská firma BMC Baltas. Na jeden vůz připadají, vzhledem k výkonu spalovacího motoru, dva tyto kombinované chladiče. Hmotnost je cca 160 kg, výkon pro chlazení oleje 21 kW, pro chlazení plnicího vzduchu 65 kW a pro chlazení vody 170 kW.



Obr. 32 – Chladicí blok

3. Stanovení hlavních parametrů vozidla

Motorový vůz je určen jako hnací vozidlo pro vnitrostátní dopravu na hlavních i vedlejších neelektrifikovaných tratích. Jeho konstrukce umožňuje provoz ve středoevropském klimatickém prostředí s okolními teplotami od -30 do +40 stupňů Celsia, při relativní vlhkosti vzduchu až 90 % a nadmořské výšce do 1000 m.

Motorový vůz je půdorysně členěn na stanoviště strojvedoucího, strojovnu, přední nástupní prostor s dvoukřídlými dveřmi, oddíl pro cestující 2. třídy a zadní nástupní prostor s jednokřídlými nástupními dveřmi a průchodem s dvoukřídlými posuvnými dveřmi, přechodovým můstkem a návalky.

Samonosná skříň vozu je ocelové svařované konstrukce. Střecha nad strojovnou je demontovatelná pro vyvázání spalovacího motoru a dalších prvků umístěných ve strojovně, hlavní rám vozu je vyztužen z důvodu většího zatížení, způsobeného montáží nových komponent hlavně ve strojovně. Skříňe jsou otočnými čepy spřaženy se dvěma bezkolébkovými dvounápravovými podvozky, které nahrazují původní podvozky typu GP 200. Vozová skříň spočívá na pružinách sekundárního vypružení, které je tvořeno pneumatickými měchy. Primární odpružení zajišťují vinuté ocelové pružiny s paralelními kapalinovými tlumiči.

Ve strojovně je umístěno hnací soustrojí - spalovací motor Caterpillar C 27 ACERT, který přes pružnou spojku Centamax pohání synchronní generátor Siemens 1FC2 454-4 BO 99-Z. Z generátoru jsou dále napájeny pomocí regulátoru pohonu čtyři stejnosměrné trakční motory TE 051 A 01, přičemž každý trakční motor pohání jedno dvojkolí vozu, k němuž je uložen valivými ložisky.

Spalovací motor pohání přes řemenici alternátor pomocných pohonů TA 624 W 01, pod vozem je potom uložena ocelová skříň, obsahující usměrňovač PA 29 a regulátor RPG 1, zajišťující regulaci parametrů zdrojové soupravy. Dále je od spalovacího motoru přes pružnou spojku Centaflex poháněn hydrogenerátor, který rozvádí hydrostatický olej ke dvěma hydromotorům, zajišťujícím chlazení spalovacího motoru.

Generátor elektrického proudu pohání přes řemenici kompresorovou jednotku SE 100 LOK. Stlačený vzduch z kompresorové jednotky je dopravován do dvoukomorové sušičky vzduchu, zavěšené pod podlahou vozu, a dále je veden do hlavních vzduchojemů – dvou 200 l a jednoho 75 l.

Alternátor pomocných pohonů pohání elektromotor MG 90 L2 EM Brno, který nasává a vhání chladicí vzduch ventilačními kanály k trakčním motorům, přičemž každý trakční motor je chlazen zvlášť. Alternátor je také zdrojem proudu pro vozové baterie KPH 150 P s kapacitou 150 Ah, které zásobují palubní síť o napětí 48 V.

Na motorovém voze jsou také instalovány bezpečnostní prvky, které zvyšují pasivní bezpečnost železničního provozu. Jedná se o nárazníky se schopností absorpce energie IP 300 IR, protišplhová zařízení a smetadlo překážek. Všechny tyto prvky díky své konstrukci plní normu na odolnost skříní železničních vozidel proti nárazu ČSN EN 15227 + A1.

Motorový vůz je vybaven těmito brzdovými systémy:

elektrodynamická brzda odporová, působící na všechny nápravy,
samočinná brzda tlaková s elektricky ovládaným brzdičem ze stanoviště strojvedoucího,
přídavná brzda elektricky ovládaná ze stanoviště strojvedoucího (při zastavení vozu je tato brzda samočinně přestavena na brzdu parkovací),
doplňková brzda, která doplňuje brzdný účinek elektrodynamické brzdy,
záchranná brzda ovládaná záklopkou záchranné brzdy přes táhla,
ruční brzda vřetenová – ovládaná ručním kolem.

Tab. 15 – Tabulka technických údajů motorového vozu

Rozchod	1435 mm
Max. rychlost	140 km · h ⁻¹
Obrys drážního vozidla	UIC 505-1
Délka přes nárazníky	24 500 mm
Vzdálenost otočných čepů	17 200 mm
Rozvor podvozku	2 300 mm
Max. šířka vozu	2 883 mm
Max. výška vozu nad T.K.	4 230 mm
Průměr nového kola	840 mm
Hmotnost vozu	56 t
Uspořádání pojezdu	Bo'Bo'
Převodový poměr	4,055
Míst k sezení	56
Míst k stání	40
Max. tažná síla	87 kN

Účinnost přenosu výkonu:

$$\eta_{PV} = \eta_S \cdot \eta_G \cdot \eta_{TM} \cdot \eta_{OP}$$

$$\eta_{PV} = 0,99 \cdot 0,9 \cdot 0,92 \cdot 0,93 \quad (1)$$

$$\underline{\underline{\eta_{PV} = 0,76}}$$

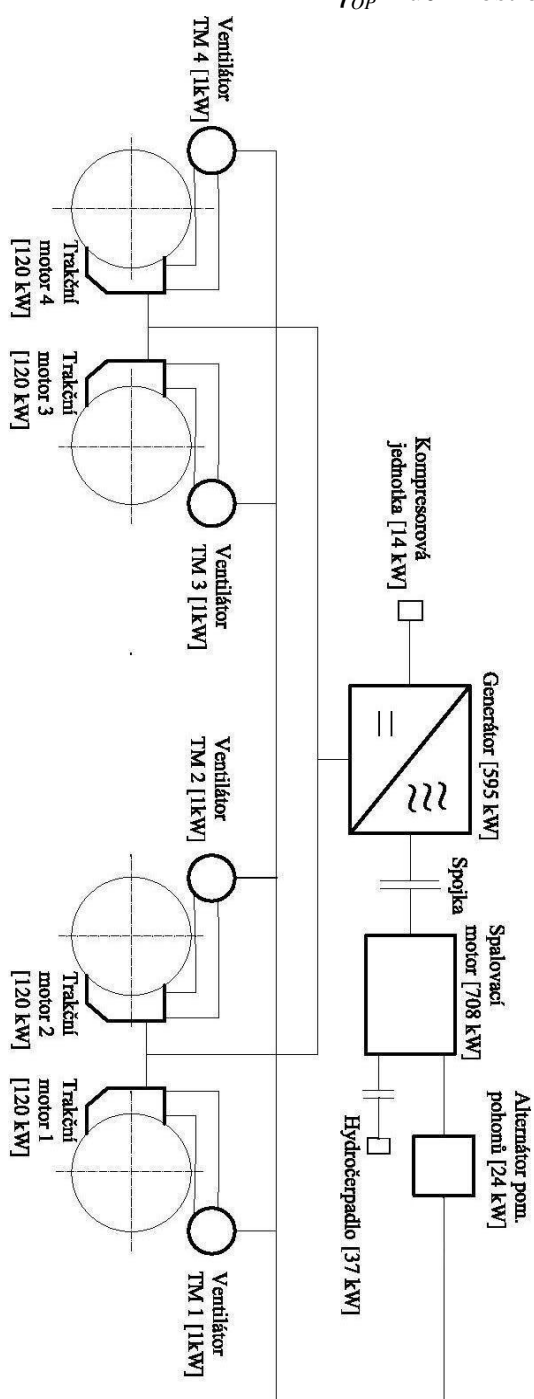
η_{PV} - účinnost přenosu výkonu [-]

η_S - účinnost spojky [-]

η_G - účinnost generátoru [-]

η_{TM} - účinnost trakčního motoru [-]

η_{OP} - účinnost ozubeného převodu [-]



Obr. 33 – Schéma hnacího ústrojí s pomocnými pohony

TRAKČNÍ CHARAKTERISTIKA A KOREFFŮV ZÁTĚŽOVÝ DIAGRAM

Trakční charakteristika vozidla udává průběh tažné síly na háku v závislosti na rychlosti jízdy vozidla a Koreffův zátěžový diagram max. hmotnost připojené soupravy, kterou vozidlo uveze při určité rychlosti do určitého stoupání.

Z tab. 8 jsem přepočítal točivé momenty trakčního motoru (M) na tažnou sílu na obvodu kol (F_{ok}), následně na tažnou sílu na háku (F_t) a otáčky trakčního motoru (n) na rychlost (V). Průběh tažné síly je znázorněn na obr. 34.

$$\rightarrow \text{přepočet } M \text{ [Nm] na } F_{ok} \text{ [kN]: } F_{ok} = m \cdot M \cdot \frac{2 \cdot u}{D} \cdot \eta_u \quad (2)$$

$$F_t = F_{ok} - O_{hv} \quad (3)$$

$$\rightarrow \text{přepočet } n \text{ [min}^{-1}\text{] na } V \text{ [km} \cdot \text{h}^{-1}\text{] : } V = \frac{60 \cdot n \cdot \pi \cdot D}{u \cdot 1000} = 0,1885 \cdot \frac{n \cdot D}{u} \quad (4)$$

Trakční charakteristika je omezena max. rychlostí vozidla, adhezí, možnostmi trakčního motoru a vozidlovým odporem.

Tažná síla na mezi adheze:

$$F_a = \mu_a \cdot G_a \cdot \varepsilon \quad (5)$$

Součinitel adheze – dle Kothera:

$$\mu_a = \left(\frac{9000}{V + 42} + 116 \right) \cdot 10^{-3} \quad (6)$$

M – točivý moment TM [Nm]

F_{ok} – tažná síla na obvodu kol [kN]

m – počet TM [-]

u – převodový poměr... u = 73:18

D – průměr kola [m]

η_u - účinnost převodu... $\eta_u = 0,97$

F_t – tažná síla na háku [kN]

O_{hv} – vozidlový odpor [kN]

V – rychlost jízdy [km·h⁻¹]

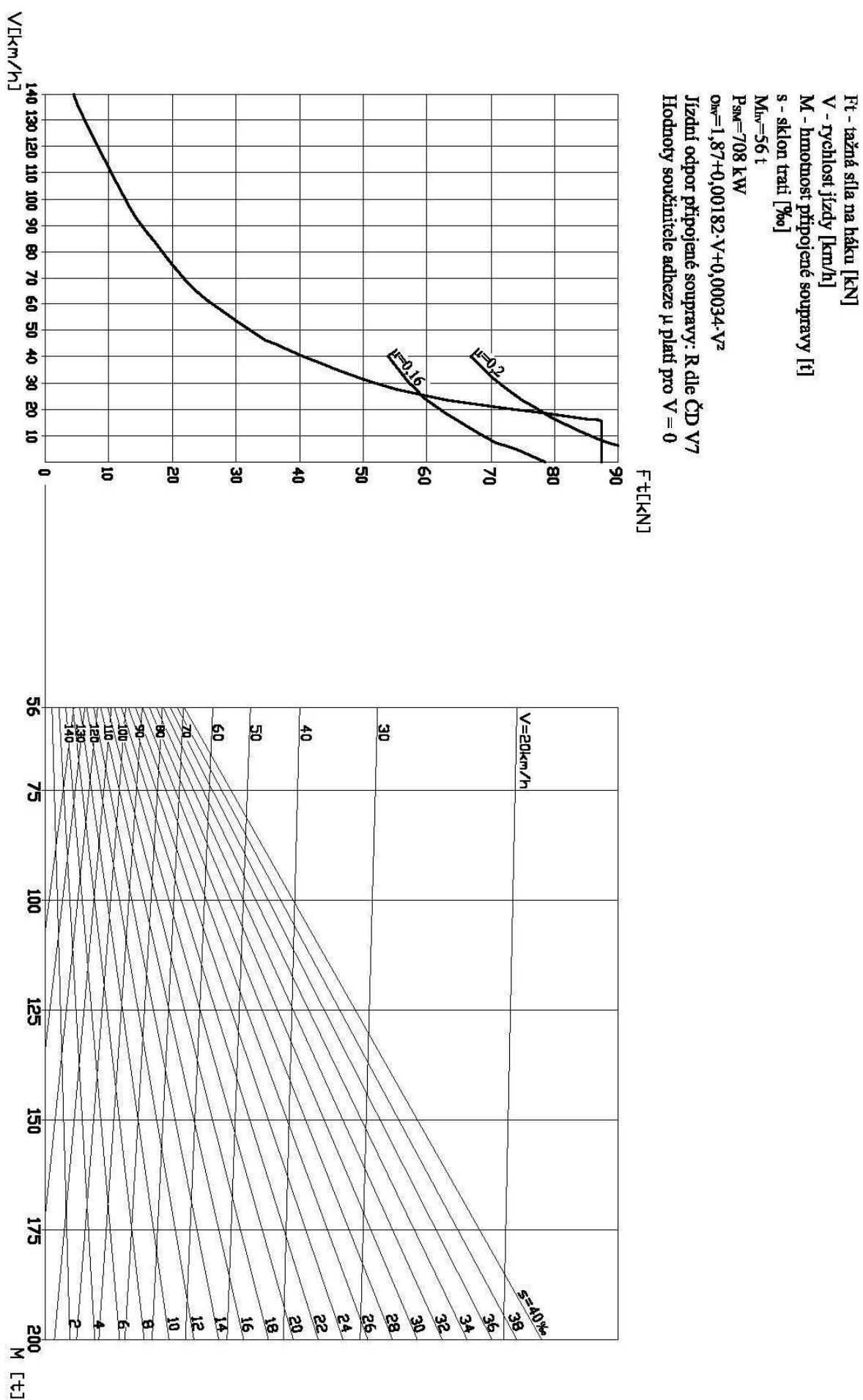
n – otáčky TM [min⁻¹]

F_a – tažná síla na mezi adheze [kN]

μ_a - součinitel adheze [-]

G_a - adhezní tíha vozidla [kN]

ε - součinitel využití adheze... $\varepsilon = 0,9$



Obr. 34 – Trakční charakteristika a Koreffův zátěžový diagram

4. Popis odolnosti vozidla proti nárazu

Jelikož se při stavbě řídicího vozu Bfhpvee využilo přechodného ustanovení pro normu na odolnost skříní železničních vozidel proti nárazu – ČSN EN 15227+A1, není vůz vybaven bezpečnostními prvky splňující tuto evropskou normu. Já jsem se při motorizaci řídicího vozu věnoval také montáži prvků, které snižují následky případné nehodové události.

4.1 Předmět normy ČSN EN 15227+A1

Tato evropská norma má za cíl snížit následky nehod způsobených srážkou. Stanovuje konstrukční odolnost skříní kolejových vozidel při nárazu, a to na základě nejtypičtějších nehod a s nimi spojených rizik, s cílem zvýšit bezpečnost cestujících, nevztahuje se ale na další pracovníky železnice a zákazníky, kteří nejsou ve vozidle, ani na třetí subjekty. Konstrukce nových vozidel určených pro použití v osobních vlacích vychází z provozování s kompatibilními kolejovými vozidly, která rovněž splňují tuto normu. Respektuje se, že požadavky provozu budou vyžadovat spojení nových vozidel odolných proti nárazu s existujícími vozidly, která nejsou proti nárazu odolná, a to v rámci jedné vlakové jednotky, přičemž takové kombinace nemusejí splňovat tuto normu.

Tyto požadavky se vztahují na skřín vozidla a na mechanické prvky, které jsou s ní spojené a mohou být použity k pohlcování energie při nárazu. Netýkají se bezpečnostních prvků dveří, oken a vnitřního vybavení s výjimkou specifické problematiky týkající se zachování prostoru pro přežití.

Dále se tyto požadavky netýkají všech možných scénářů nehod, ale zajišťují takovou úroveň odolnosti proti nárazu, která sníží následky nehody v případě, že opatření aktivní bezpečnosti nebyla dostatečná. Požadavkem je zajistit určitou úroveň ochrany řešením nejběžnějších typů srážek, které způsobují běžná a smrtelná zranění.

Tato norma dále určuje běžné metody zajišťování pasivní bezpečnosti, které lze použít ke splnění požadavků na jednotlivá vozidla. Zároveň tato norma stanoví charakteristiky, kterým musejí odpovídat referenční modely překážek v konstrukčních scénářích srážky.

Tato norma také specifikuje požadavky na prokázání skutečnosti, že byly splněny cíle pasivní bezpečnosti na základě porovnání s existujícími osvědčenými konstrukcemi, numerickými simulacemi nebo zkouškami komponentů či celku, popřípadě kombinací těchto metod.

[4]

4.2 Konstrukční kategorie odolnosti proti nárazu u kolejových vozidel

Kolejová vozidla jsou zařazena do konstrukčních kategorií odolnosti proti nárazu, přičemž tyto kategorie jsou závislé na hlavních charakteristikách železniční infrastruktury a na typu provozu. U nových zakázek musí provozovatel definovat vhodnou konstrukční kategorii vozidla v zadávacích dokumentech. V mém případě se jedná o kategorii C-1.

Tab. 16 – Kategorie odolnosti vozidla proti nárazu [4]

Kategorie	Definice	Příklady typů vozidel
C-I	vozidla určená k provozu na tratích transevropské sítě, mezinárodních, národních a regionálních tratích (s úrovnovými přejezdy)	lokomotivy, osobní vozy a pevné vlakové jednotky
C-II	městská vozidla určená k provozu pouze na vyhrazené železniční infrastruktuře bez vazby na silniční dopravu	vozidla metra
C-III	lehká železniční vozidla určená k provozu v městské, popř. regionální síti, v provozu sdílených tratí a s vazbou na silniční dopravu	tramvajové soupravy, předměstská tramvaj
C-IV	lehká železniční vozidla určená k provozu ve vyhrazených městských sítích s vazbou na silniční dopravu	tramvajová vozidla

4.3 Konstrukční scénáře srážky

Požadavkem je zajistit ochranu na úrovni, která by odpovídala běžným nebezpečím srážek. Konstrukční scénáře srážky, jak jsou uvedeny níže, představují nejtypičtější kolizní situace a současně i situace, při nichž dochází k největšímu počtu smrtelných zranění.

- Čelní srážka dvou totožných vlakových jednotek,
- Čelní srážka s odlišným typem železničního vozidla,
- Náraz čela vlakové jednotky do velkého silničního vozidla na úrovnovém přejezdu,
- Náraz vlakové jednotky do nízké překážky (např. do osobního automobilu na úrovnovém přejezdu, zvířete, odpadlého materiálu).

[4]



Obr. 35 – Konstrukční scénáře srážky [10]

Tab. 17 – Scénáře srážek a překážky způsobující srážku [4]

Konstrukční scénář srážky	Překážka působící srážku	Charakteristika provozu, na který se požadavek vztahuje	Rychlost nárazu – km/h				Narážející vozidlo a podmínky
			C-I	C-II	C-III	C-IV	
1	totožná vlaková jednotka	všechny systémy	36	25	25	15	totožná vlaková jednotka
2	nákladní vůz 80 t	smíšená doprava s vozidly vybavenými bočními nárazníky	36	není k dispozici	25	není k dispozici	ohledně specifikace nákladního vozu viz C.1
	regionální vlak 129 t	smíšená doprava s vozidly se středním spřáhlem	není k dispozici	není k dispozici	10	není k dispozici	ohledně zobrazení regionálního vlaku viz C.2
3	deformovatelná překážka 15 t	transevropská síť a podobný provoz s úrovniovými přejezdy	$V_k - 50$ ≤ 110	není k dispozici	25	není k dispozici	ohledně zobrazení velké překážky viz C.3
	pevná překážka 3 t	městská trať neoddělená od silniční dopravy	není k dispozici	není k dispozici	není k dispozici	25	ohledně zobrazení překážky viz C.4
4	malá, nízká překážka	předepsané požadavky na smetadlo překážek	Viz tabulku 3	není k dispozici	Viz tabulku 3	není k dispozici	viz též 6.5

4.4 Pasivní bezpečnost konstrukce

V požadavcích této evropské normy jsou opatření, která v případě srážky zajistí ochranu cestujících.



Obr. 36 - Pasivní bezpečnost konstrukce [10]

- snížení nebezpečí šplhání,
- pohlcení kolizní energie kontrolovaným způsobem
- zachování prostoru pro přežití a konstrukční celistvost obsazených prostor
- snížení zpomalení
- snížení nebezpečí vykolejení a omezení následků srážky s překážkou na trati



Obr. 37 – Nehoda u Eschede (3.6.1998) [10]

4.4.1 Snížení nebezpečí šplhání

Na koncích vlakové jednotky a vzájemně mezi jednotlivými vozidly tvořícími vlakovou jednotku musí být potlačeno šplhání. Tato zábrana je nutná k tomu, aby omezila vychylování svislým směrem, které vzniká na rozhraních mezi vozidly a aby takto vzniklé svislé síly potlačovala a zatížení ze srážky směřovala do konstrukce, která pohlcuje energii. Svislá vychýlení a síly vznikají vlivem přesazení na rozhraní mezi kontaktními body a setrvačnými silami vyplývajícími ze zpomalení a zrychlení vozidla.

Zábranu proti šplhání lze zabezpečit:

- a) instalací zařízení proti šplhání,
- b) tyčovými spřáhly omezujícími pohyb mezi vozidly,
- c) sestavením vlakové jednotky (např. článkovými vozidly na vložených rozhraních).

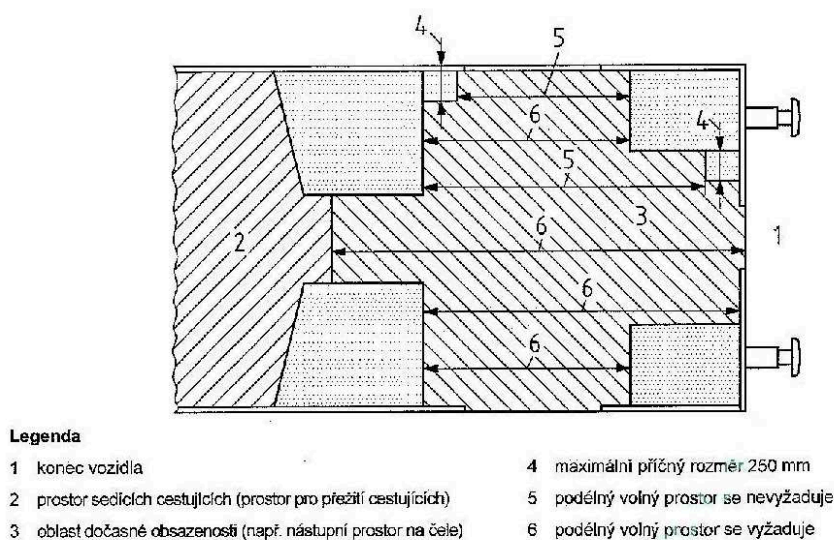
[4]

4.4.2 Zachování prostoru pro přežití

Konstrukce vytvářející prostory pro přežití musí zůstat nedotčena a musí odolat maximálním silám, jimž bude vystavena ve fázi úplného zničení energií pohlcujících prvků.

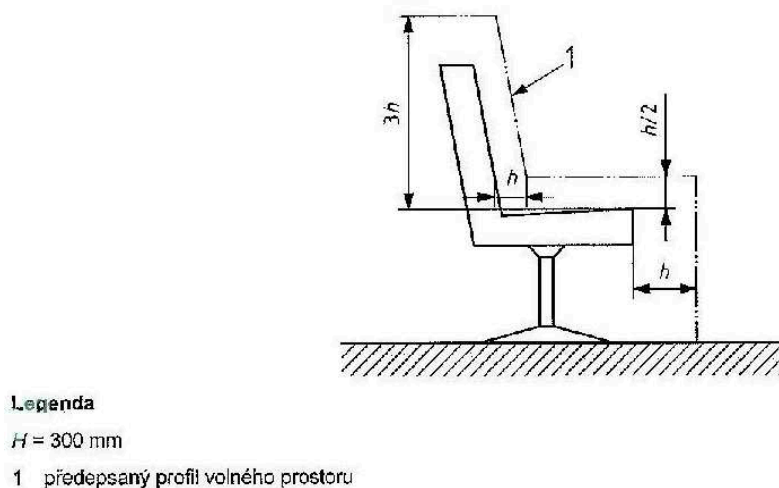
Dle definovaných scénářů musí být snížení délky prostoru pro přežití cestujících omezeno na maximálně 50 mm v každém jednotlivém úseku dlouhém 5 m. Pokud je délka 5m těsně na čele vozidlové konstrukce, může se podélně snížit až o 100 mm.

V prostorech obsazených dočasně, např. v nástupních prostorech, které se využívají jako deformační zóny, se podélný obrysový prostor v oblasti s příčným rozměrem větším než 250 mm smí snížit maximálně o 30 % takové zóny. [4]



Obr. 38 – Požadavek volného prostoru u deformačních zón [4]

Musí být také zajištěn prostor pro přežití řidiče (a další osoby v kabině řidiče).



Obr. 39 – Volný prostor okolo sedadla řidiče [4]

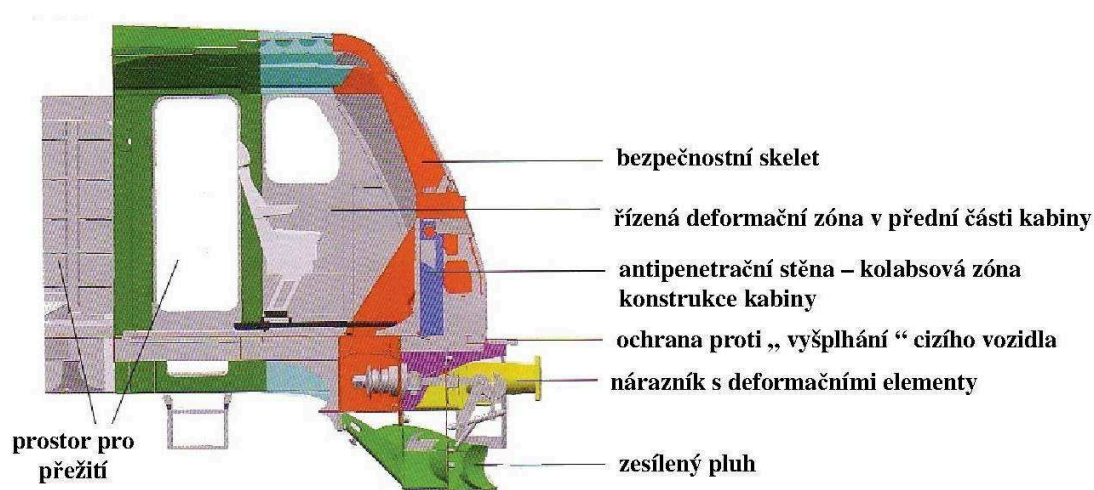
Každý prostor na přežití musí mít minimálně jednu únikovou cestu (přes vyznačené výstupní dveře nebo únikové okno). Deformace konstrukce podle definovaných kolizních scénářů nesmí bránit použití únikových cest.

4.4.3 Mezní hodnota zpomalení

Průměrné podélné zpomalení v prostorech pro přežití musí být ve scénářích 1 a 2 omezeno na 5g a ve scénáři 3 na 7,5g. Způsob stanovení průměrného zpomalení pro každé uvažované vozidlo vlakové jednotky musí odpovídat době od okamžiku, kdy čistá kontaktní síla na vozidle překročí nulu do okamžiku, kdy opět klesne na nulu. [4]

4.4.3 Smetadlo překážek

Vedoucí vozidla kategorie C-I musí být opatřena smetadlem překážek, které musí mít dostatečnou velikost, aby odstraňovalo překážky z dráhy podvozku. Musí mít souvislou konstrukci, a být koncipováno tak, aby nesmetalo překážky směrem nahoru nebo dolů. Za běžných provozních podmínek musí být spodní okraj smetadla překážek tak blízko trati, jak to pohyby vozidla a průjezdní profil vozidla dovolují. Musí být umístěno tak blízko k čelu vedoucího vozidla, jak to funkční konstrukce dovolí, aby úlomky po počátečním nárazu smetalo do stran a snižovalo nebezpečí jejich zapadnutí pod smetadlo a do dráhy kol. [4]



Obr. 40 – Prvky pasivní bezpečnosti [10]

4.5 Ověřování odolnosti skříní vozidel proti nárazu

Cíle pasivní bezpečnosti jsou stanoveny pro vlakovou jednotku jako celek.

Není účelné a hlavně ekonomické vyhodnocovat chování celé vlakové jednotky pomocí zkoušek, proto splnění těchto cílů lze ověřit dynamickou simulací, odpovídající jednotlivým konstrukčním kolizním scénářům.

Použití pouze numerické simulace je postačující pro přesnou předpověď chování z hlediska pevnosti v oblastech omezené deformace. Simulace spočívá ve vytvoření počítačového modelu konstruovaného vlaku se všemi podstatnými prvky a komponenty.

Pro oblasti, kde dochází k rozsáhlejším deformacím, musí ověřovací program obsahovat i ověření numerických modelů pomocí vhodných zkoušek (kombinovaná metoda).

Splnění požadavků dle scénáře 4 lze prokázat přímo zkouškou.

[4]



Obr. 41 – Zkoušení čela vozidla a numerická simulace [10]

Jelikož tvorba simulačního modelu chování kabiny řidiče, deformačních struktur konce vozu a zbývající části vozové skříně při nárazu je velice nákladná a složitá operace, již se zabývají odborné společnosti, nebude tato problematika součástí mé studie.

Já jsem se při aplikaci bezpečnostních prvků, plnících normu ČSN EN 15227 + A1 věnoval montáži prvků ke snížení nebezpečí šplhání, nárazníků se schopností absorpce energie a montáži smetadla překážek.

4.6 Aplikace bezpečnostních prvků dle normy ČSN EN 15227 + A1

NÁRAZNÍKY IP 300IR

Nárazníky firmy AXTONE zvyšují pasivní bezpečnost železničního provozu. V náraznících je energie absorbována deformováním vnitřní části tělesa nárazníku. Konstrukce nárazníku umožňuje jeho montáž na čelník vozu bez jakýchkoliv změn, aktivace modulu Crash v průběhu dopravní nehody neovlivňuje pozdější práci nárazníku v oblasti vratného zdvihu.

Tab. 18 – Parametry nárazníku [1]

Crashový nárazník	IP 300IR
Zdvih	110 mm
Max. síla	1600 kN
Kapacita crashového modulu	> 300 kJ



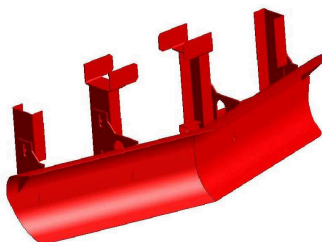
Obr. 42 – Nárazník se schopností absorpce energie [1]

ZAŘÍZENÍ ZABRAŇUJÍCÍ ŠPLHÁNÍ

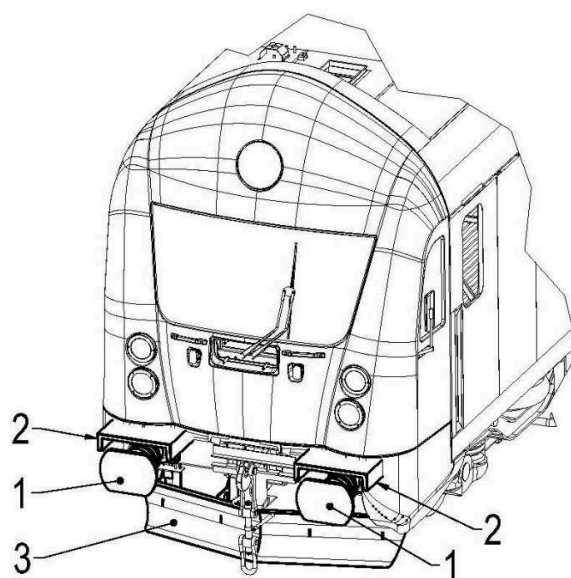
Na obou čelech vozu byly aplikovány prvky, které při srážce zabráňují vyšplhání vozidla vertikálním směrem. Jedná se o ocelové součásti, přivařené k čelníku nad nárazníky.

SMETADLO PŘEKÁŽEK

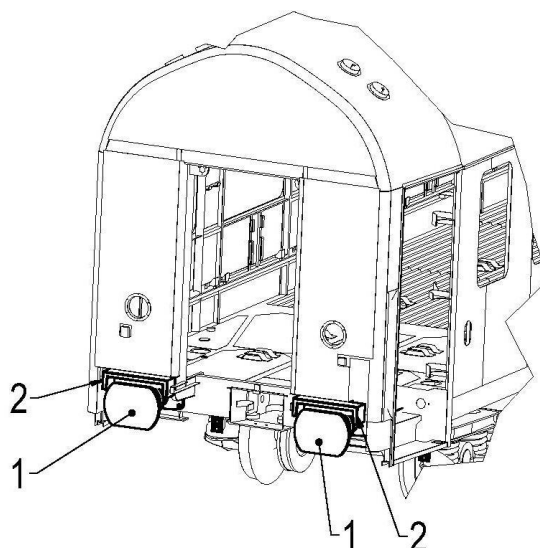
Konstrukčně vyhovující smetadlo při jízdě odstraňuje překážky z dráhy podvozku. Nesmí smetat překážky směrem nahoru nebo dolů, ale do boku, dle šípovitého tvaru smetadla.



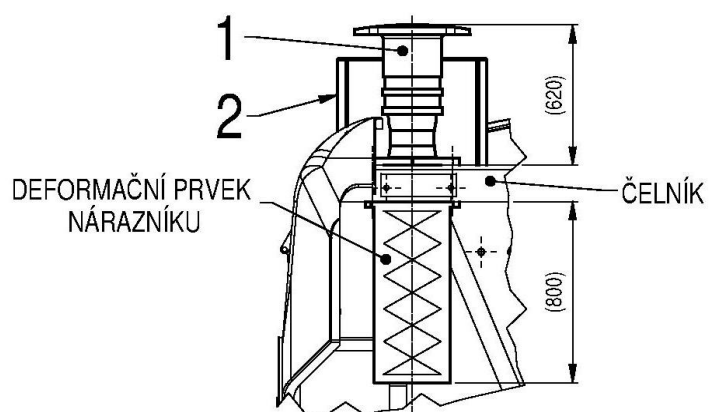
Obr. 43 – Smetadlo překážek



Obr. 44 – Umístění bezpečnostních prvků na předním čele



Obr. 45 – Umístění bezpečnostních prvků na zadním čele



Obr. 46 – Detail montáže nárazníku

Závěr

Cílem diplomové práce bylo provést přestavbu řídicího vozu Bfhpvee na motorový vůz nezávislé trakce pro max. rychlost $140 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$.

Aplikoval jsem vhodné prvky určené k pohonu motorového vozu a bezpečnostní prvky zaručující snížení následků nárazu.

Vlastnosti pohonného ústrojí popisuje trakční charakteristika a Koreffův zátěžový diagram.

Z trakční charakteristiky lze vyčíst závislost tažné síly na háku na rychlosti vozidla, Koreffův zátěžový diagram je z hlediska trakční mechaniky základní dokument, který ukazuje max. hmotnost připojené soupravy, kterou vozidlo uveze při určité rychlosti do určitého stoupání.

Pro splnění normy ČSN EN 15 227 + A1 jsem na vozidlo aplikoval bezpečnostní prvky, snižující následky srážky. Tvorba simulačního modelu chování kabiny řidiče a deformačních struktur částí vozové skříně při nárazu je časově náročná, nákladná a složitá operace, jíž se zabývají odborné společnosti; proto tato simulace není součástí mé práce.

Při přestavbě řídicího vozu na motorový hraje roli několik faktorů, které mohou znamenat úspěch či neúspěch realizace výroby motorových vozů. Mezi tyto faktory patří hlavně množství poptávaných vozů, termín, kdy bude chtít zákazník vozidlo provozovat od podepsání smlouvy a hlavně jejich cena.

Protože hlavní je cena, kterou zákazník zaplatí za vozidlo, stojí za zmínku uvést, že přestavba osobního vozu Bdt na řídicí vůz Bfhpvee stála ČD 31 000 000 Kč. Při přestavbě na motorový vůz je třeba k této sumě přičíst mimo jiné cenu komponent zajišťujících pohon vozidla a cenu bezpečnostních prvků. Celková prodejní cena motorového vozu by se tedy pohybovala okolo 40 000 000 Kč.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] AXTONE s.r.o., *Nárazník Crash IP 300IR*, [cit. 28. dubna 2013].
Dostupné z: <http://www.axtone.cz/cs/n--razn--k-crash-ip-300ir.html>
- [2] ATMOS Chrást, s.r.o., Chrást. *Kompresorová jednotka SE 100 LOK*.
[cit.8. února 2013].
- [3] CENTA Antriebe Kirschey GmbH, Haan. *Hochdrehelastische Kupplungen für Antriebe mit Dieselmotoren* [online]. [cit. 14. ledna 2010]. Dostupné z:
<http://centa.info/cm-s>
- [4] ČSN EN 15227+A1. *Železniční aplikace: Požadavky na odolnost skříní železničních vozidel proti nárazu*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011. [cit.16. dubna 2013].
- [5] EM Brno, s.r.o., Brno. *Stejnoseměrný motor řady M*. [cit.16. března 2013].
- [6] GLENTOR, s.r.o., Praha 10. *Axiální pístová hydraulická čerpadla HG*. [cit.25. března 2013]. Dostupné z: <http://glentor.eu/vyrobni-program/hydrogeneratory/>
- [7] GLENTOR, s.r.o., Praha 10. *Axiální pístové hydromotory HM*. [cit.25. března 2013].
Dostupné z: <http://glentor.eu/vyrobni-program/hydromotory/>
- [8] GTW BeNEX/Arriva. *Dieselelektrischer Gelenktriebwagen GTW 2/6*. [online]. [cit. 5. února 2013]. Dostupné z: <http://www.stadlerrail.com/en/references/gtw-benexarriva/>
- [9] KOBZA, Karel. Osobní sdělení. [cit. 10. ledna 2013].
- [10] KOLÁŘ, Josef. *Základy teorie a konstrukce KV*, [cit. 11. dubna 2013].
- [11] PERNIČKA, Jaromír. *Řídicí vozy řady Bfhpvee 80-30*. Železniční magazín. roč. 2011, č. 7. [cit. 10. února 2013].
- [12] Siemens Electric Machines s.r.o., Drásov. *Synchronní generátor*. [cit. 18. ledna 2013].

- [13] SKD TRADE, a.s., Praha 9. *Trakční motor TE 051 A01*. [cit. 31. ledna 2013].
- [14] SOJKA, Jaromír. Osobní sdělení. [cit. 25. ledna 2013].
- [15] ŠVESTKA, David. *Motorový vůz řady 843* [online]. [cit. 1. února 2013]. Dostupné z: <http://www.atlaslokomotiv.net/loko-843.html>
- [16] ŠVESTKA, David. *Motorový vůz řady 860* [online]. [cit. 3. února 2013]. Dostupné z: <http://www.atlaslokomotiv.net/loko-860.html>
- [17] ZIMA, Radim, JANOŠ Petr. *Dvojkolí*. M-Pressé plus s.r.o., 2012.[cit. 20. února 2013].

SEZNAM OBRÁZKŮ

Číslo obrázku	Název	Strana
1	Motorový vůz řady 843	14
2	Motorový vůz řady 860	16
3	Motorové vozidlo GTW 2/6	18
4	Typový výkres GTW 2/6	19
5	Typový výkres vozu Bfhpvee 80-30	20
6	Oddíl pro cestující řídicího vozu	22
7	Sanitární modul WC řídicího vozu	22
8	Stanoviště strojvedoucího řídicího vozu	23
9	Řídicí vůz Bfhpvee 80 – 30	25
10	Typový výkres vozu 854	26
11	Motor ve strojovně vozu 854	26
12	Agregáty motorového vozu řady 842	27
13	Typový výkres motorové jednotky 840	28
14	Hnací modul motorové jednotky 840	29
15	Ideální trakční hyperbola	30
16	Elektrický přenos výkonu – AC/DC	31
17	Parametry motoru C27	32
18	Spalovací motor Caterpillar C27 ACERT	33
19	Pružná spojka Centamax	34
20	Generátor elektrického proudu Siemens 1FC2 454-4 BO 99-Z	35
21	Mikroprocesorový regulátor pohonu	36
22	Trakční motor TE 051 A 01	37
23	Charakteristiky trakčního motoru TE 051 A 01	38
24	Detail uložení trakčního motoru	39
25	Kompresorová jednotka SE 100 LOK	40
26	Nabíjecí alternátor TA 624 W 01	41
27	Usměrňovač PA 29	42
28	Regulátor zdrojové soupravy RPG 1	42
29	Elektromotor MG 90 L2	43
30	Pístové čerpadlo HG 56	44
31	Pístový hydromotor HM 28	45
32	Chladicí blok	45

33	Schéma hnacího ústrojí s pomocnými pohony	48
34	Trakční charakteristika a Koreffův zátěžový diagram	50
35	Konstrukční scénáře srážky	53
36	Pasivní bezpečnost konstrukce	53
37	Nehoda u Eschede (3.6.1998)	54
38	Požadavek volného prostoru u deformačních zón	55
39	Volný prostor okolo sedadla řidiče	55
40	Prvky pasivní bezpečnosti	56
41	Zkoušení čela vozidla a numerická simulace	57
42	Nárazník se schopností absorpce energie	58
43	Smetadlo překážek	58
44	Umístění bezpečnostních prvků na předním čele	59
45	Umístění bezpečnostních prvků na zadním čele	59
46	Detail montáže nárazníků	59

SEZNAM TABULEK

Číslo tabulky	Název	Strana
1	Tabulka technických údajů motorového vozu 843	14
2	Tabulka technických údajů motorového vozu 860	16
3	Tabulka technických údajů vozidla GTW 2/6	18
4	Tabulka technických údajů řídicího vozu Bfhpvee 80-30	20
5	Parametry motoru C27 ACERT	32
6	Parametry synchronního generátoru Siemens	36
7	Parametry trakčního motoru TE 051 A 01	37
8	Charakteristiky trakčního motoru TE 051 A 01	38
9	Parametry kompresorové jednotky SE 100 LOK	39
10	Parametry alternátoru TA 624 W 01	41
11	Parametry usměrňovače PA 29	42
12	Parametry elektromotoru MG 90 L2	43
13	Parametry axiálního pístového čerpadla HG 56	44
14	Parametry axiálního pístového hydromotoru HM 28	45
15	Tabulka technických údajů motorového vozu	47
16	Kategorie odolnosti vozidla proti nárazu	52
17	Scénáře srážek a překážky způsobující srážku	53
18	Parametry nárazníku	58

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha A	Dispoziční výkres vozidla
Příloha B	Sestavný výkres hnacího soustrojí a periferií
Příloha C	Sestavný výkres umístění bezpečnostních prvků splňujících normu ČSN EN 15 227 + A1